



TRABAJO FIN DE GRADO

Propuesta de innovación educativa
en Educación STEM
para la etapa de Primaria

Carmen Tortosa de Lucas
Dirigido por Elsa Santaolalla

Doble Grado en Educación Primaria e Infantil
Curso 2021/2022
4 de abril de 2022

ApoSTEMos por el talento

Sembrar para investigar



Propuesta de innovación educativa en el ámbito STEM e investigación aplicada acerca del efecto que tiene sobre las actitudes hacia la ciencia en los estudiantes de Primaria

Carmen Tortosa de Lucas

Dirigido por Elsa Santaolalla

Educación Primaria e Infantil

Curso 2021/2022

4 de abril de 2022

*A mis padres
por regalarme la vida
y dedicarme las tuyas.
A mis profesores de Primaria,
por sembrar en mí la semilla de la vocación.
A mis maestras «STEM»
por abonar mi camino hacia la excelencia.
A Charline, mi maestra en prácticas del Liceo Francés de Madrid, por darme
lluvia y sol para que esta experiencia creciera en su clase.*

ÍNDICE

ABREVIATURAS	1
LEYENDA DE SÍMBOLOS.....	1
RESUMEN Y PALABRAS CLAVE.....	2
ABSTRACT AND KEY WORDS.....	3
1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA ELEGIDO.....	4
2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 CONTEXTO ACTUAL Y JUSTIFICACIÓN DE LA EDUCACIÓN STEM.....	11
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA EDUCACIÓN STEM.....	13
2.3 METODOLOGÍAS EN EL MARCO DE LA EDUCACIÓN STEM	16
2.4 EFECTOS DE LA EDUCACIÓN STEM EN EL APRENDIZAJE	19
3 PROPUESTA DE INNOVACIÓN EDUCATIVA: Sembrar para investigar	22
3.1 PRESENTACIÓN	22
3.2 OBJETIVOS GENERALES DE LA PROPUESTA.....	23
3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA PROPUESTA.....	23
3.4 CONTEXTO EN EL QUE SE APLICA LA PROPUESTA EDUCATIVA	24
3.5 METODOLOGÍA.....	26
3.6 ACTIVIDADES.....	28
1ª sesión: PENSAMOS QUE.....	32
2ª sesión: OBSERVAMOS QUE.....	38
3ª sesión: SEGUIMOS OBSERVANDO... ..	43
4ª sesión: A CADA PROBLEMA, UNA (O VARIAS) SOLUCIONES	48
5ª sesión: EN CONSTRUCCIÓN	55
3.7 CRONOGRAMA DE APLICACIÓN.....	61
3.8 EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA STEM.....	62
3.9 EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES.....	63
3.9.1 Heteroevaluación.....	63
3.9.2 Autoevaluación y coevaluación.....	66
3.10 Evaluación de la propuesta a través de una investigación aplicada.....	69
4 INVESTIGACIÓN EDUCATIVA: ApoSTEMos por el talento.....	70
4.1 PRESENTACIÓN	70
4.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA	71
4.3 HIPÓTESIS	71
4.4 MÉTODO.....	71
4.4.1 Participantes.....	71
4.4.2 Variables e Instrumentos	73
4.4.3 Procedimiento.....	74
4.4.4 Análisis de datos	75

4.5	RESULTADOS	76
4.6	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	80
5	CONCLUSIONES.....	83
5.1	REVISIÓN DE LOS OBJETIVOS.....	83
5.1.1	De la propuesta de innovación educativa <i>Sembrar para investigar</i>	83
5.1.2	De la investigación educativa <i>ApoSTEMos por el talento</i>	85
5.2	DEBILIDADES, FORTALEZAS Y DIFICULTADES ENCONTRADAS	86
5.2.1	De la propuesta de innovación educativa <i>Sembrar para investigar</i>	86
5.2.2	De la investigación educativa <i>ApoSTEMos por el talento</i>	87
5.3	APORTACIÓN Y UTILIDAD PARA EL ÁMBITO DE LA EDUCACIÓN.....	89
5.4	APORTACIÓN Y UTILIDAD EN EL ÁMBITO PERSONAL.....	91
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
6.	ANEXOS	100
	ANEXO I: CUESTIONARIO PRE Y POST TEST	100
	ANEXO II: CONSENTIMIENTO DE CENTRO	110
	ANEXO III: MODELO DE CONSENTIMIENTO PARA LAS FAMILIAS	111
	ANEXO IV: APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA DE LA UNIVERSIDAD.....	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Equivalencia entre el sistema educativo francés y el español en la etapa de educación Primaria.....	25
Tabla 2. Saberes básicos de la propuesta de innovación educativa <i>Sembrar para investigar</i>	30
Tabla 3. Descripción de las sesiones de la propuesta de innovación educativa <i>Sembrar para investigar</i>	31
Tabla 4. Saberes básicos de la 1ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	32
Tabla 5. <i>Checklist</i> de evaluación de la competencia STEM de la 1ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	33
Tabla 6. Combinaciones de variables para la elaboración de los dispositivos de germinación en la 1ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	36
Tabla 7. Saberes básicos de la 2ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	38
Tabla 8. <i>Checklist</i> de evaluación de la competencia STEM de la 2ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	39
Tabla 9. Saberes básicos de la 3ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	44
Tabla 10. <i>Checklist</i> de evaluación de la competencia STEM de la 3ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	45
Tabla 11. Saberes básicos de la 4ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	49
Tabla 12. <i>Checklist</i> de evaluación de la competencia STEM de la 4ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	50
Tabla 13. Saberes básicos de la 5ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	55
Tabla 14. <i>Checklist</i> de evaluación de la competencia STEM de la 5ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	56
Tabla 15. Rúbrica para evaluación de trabajo en grupo de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	65
Tabla 16. Tabla de autoevaluación de la propuesta de innovación educativa <i>Sembrar para investigar</i>	67
Tabla 17. Tabla de coevaluación para la propuesta de innovación educativa <i>Sembrar para investigar</i>	68
Tabla 18. Descripción de la muestra que participa en la investigación educativa <i>ApoSTEMos por el talento</i>	73
Tabla 19. Distribución del interés por las plantas.....	76
Tabla 20. Análisis estadístico Chi-cuadrado de la variable interés por las plantas.....	77
Tabla 21. Análisis descriptivo de las dimensiones del estudio.....	78
Tabla 22. Resultados del análisis de varianza de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anuncio de la Jornada <i>STEAMos en familia</i> de la Universidad Pontificia Comillas.....	5
Figura 2. Desarrollo de la jornada <i>STEAMos en familia</i> en la Universidad Pontificia Comillas.	5
Figura 3. Materiales utilizados para la elaboración de los dispositivos de germinación en la 1ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	33
Figura 4. Hoja de hipótesis utilizada en la 1ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	34
Figura 5. Fichas con las respuestas de los estudiantes a la actividad one-minute-paper realizada en la 1ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	35
Figura 6. Ejemplo de hipótesis bien formulada ⁶ para la 1ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	37
Figura 7. Estudiantes preparando los dispositivos de germinación en la 1ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	37
Figura 8. Algunos dispositivos de germinación utilizados en la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	39
Figura 9. Ficha de recogida de datos para la 2ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	40
Figura 10. Estudiantes recogiendo datos en la 2ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	41
Figura 11. Estudiante trabajando sobre los dispositivos de germinación en la 2ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	42
Figura 12. Gráfico de puntos utilizado en la 3ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	45
Figura 13. 2ª Recogida de datos de los dispositivos de germinación en la 3ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	46
Figura 14. Estudiante a punto de comenzar el gráfico de puntos en la 3ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	46
Figura 15. Estudiantes trabajando sobre el gráfico de puntos en la 3ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	46
Figura 16. Ficha de conclusiones utilizada en la 4ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	51
Figura 17. Formulación de conclusiones en la 4ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	52
Figura 18. Presentación de la problemática de los invernaderos ⁷ en la 4ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	53
Figura 19. Materiales utilizados para la construcción de los invernaderos en la 5ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	56
Figura 20. Ficha de diseño de invernadero utilizada en la 5ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	57
Figura 21. Estudiantes diseñando el invernadero en la 5ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	58

Figura 22. Estudiantes construyendo el invernadero en la 5ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	59
Figura 23. Estudiantes construyendo el invernadero en la 5ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	59
Figura 24. Invernadero realizado por uno de los grupos de estudiantes en la 5ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	59
Figura 25. Invernaderos realizados por los estudiantes en la 5ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	59
Figura 26. Estudiantes respondiendo a las preguntas finales en la 5ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	60
Figura 27: Respuestas de los estudiantes a las preguntas finales de la 5ª sesión de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i>	60
Figura 28. Cronograma de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i> correspondiente con el mes de enero.	61
Figura 29. Cronograma de la propuesta <i>Sembrar para investigar</i> correspondiente con el mes de febrero.	61
Figura 30. Maestras y alumnas que dirigieron la jornada <i>STEAMos en familia</i> en la Universidad Pontificia Comillas.	92

ABREVIATURAS

- ABP: Aprendizaje Basado en Problemas.
- ACESTEM: Actitudes hacia la ciencia en Educación STEM.
- ACOLA: Australian Council of Learned Academies.
- CIUO: Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones.
- GC: Grupo experimental.
- GE: Grupo control.
- LOMLOE: Ley Orgánica de Modificación de la LOE.
- ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible.
- ONU: Organización de Naciones Unidas.
- STEM: Science, Technology, Mathematics and Engineering.

LEYENDA DE SÍMBOLOS



Conocimiento del Medio Natural



Ingeniería



Matemáticas



Tecnología



Transversales

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

Los últimos años han sido cuna de cambios sociales, educativos y profesionales. Esta nueva realidad causa que, lejos de vivir encorsetados en las antiguas formas de hacer, ser y pensar, tengamos que armarnos con nuevos recursos que den respuesta a lo que el siglo XXI demanda. En este contexto, la educación STEM se convierte en una gran apuesta para dar respuesta a los desafíos vigentes. Con la intención de que STEM tenga cabida en las aulas de Primaria, se ha elaborado una propuesta de innovación educativa STEM titulada *Sembrar para investigar* relacionada con las experiencias de germinación de las plantas y desarrollada a lo largo de cinco sesiones. A lo largo de todas ellas se persigue que los estudiantes disfruten observando, descubriendo y construyendo. En definitiva, que se deleiten aprendiendo sobre el suceso habitual y espontáneo de la vida, que, a pesar de su cotidianidad, sigue siendo objeto de sorpresa. Este proyecto, cuyas protagonistas son las matemáticas, la ciencia, la tecnología y la ingeniería, ha sido implementado en el Liceo Francés de Madrid, lo que ha permitido evaluar el efecto sobre las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes a partir de una investigación educativa titulada *ApoSTEMos por el talento*. Para ello, se ha utilizado la escala ACESTEM de actitudes hacia la ciencia (Martín, 2020). Los resultados obtenidos, evidencian el efecto positivo de la educación STEM sobre los estudiantes y, con ello, la cabida de la interdisciplinariedad en las aulas de Primaria, idea reforzada por la nueva legislación vigente (LOMLOE).

Palabras clave: Educación STEM, Germinación, Plantas, Investigación educativa, Innovación educativa, Actitudes hacia la ciencia, Educación Primaria.

ABSTRACT AND KEY WORDS

The last few years have been the cradle of social, educational, and professional changes. This new reality means that, far from living in the old ways of doing, being and thinking, we must arm ourselves with new resources that respond to the demands of the 21st century. In this context, STEM education becomes a great bet to respond to the current challenges. With the intention that the STEM educational approach has a place in primary school classrooms, a STEM educational innovation proposal has been developed entitled Sowing to investigate related to the experiences of plant germination and developed over five sessions. Throughout all of them, the aim is for students to enjoy observing, discovering, and creating. In short, they will enjoy learning about the usual and spontaneous event of life, which, despite its everyday nature, continue to be a surprise. This project, whose protagonists are mathematics, science, technology and engineering, has been implemented at the Lycée Français in Madrid, which has made it possible to evaluate the effect on students' attitudes towards science on the basis of an educational research project entitled ApoSTEMos por el talento (STEM for Talent). For this purpose, the scale of attitudes towards science (ACESTEM) based on four dimensions was used. The results obtained show the positive effect of STEM education on students and, with it, the place of interdisciplinarity in primary school classrooms, an idea reinforced by the Spanish actual law (LOMLOE).

Key words: STEM education, Germination, Plants, Educational research, Educational innovation, Attitudes towards science, Primary education.

1. INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA ELEGIDO

«Veo la educación STEM con la misma ilusión que siento
al despegar hacia un destino ansiado»

Carmen Tortosa (2022)

Hace un año se me abrió un universo novedoso, desconocido y emocionante a partir del cual derrumbé mis miedos y prejuicios en torno a las ciencias. Fue justo entonces cuando entreví la posibilidad cierta y real de convertirme en una maestra que valora la enseñanza de las ciencias como un desafío y una opción factible y plena de interés.

Muchos fueron los detonantes responsables de que mi rumbo y percepción hacia la ciencia haya cambiado en tal medida. Los principales han sido **las asignaturas de Didáctica de las Matemáticas y Didáctica las Ciencias Experimentales** impartidas en la Universidad. De hecho, el recorrido por ambas materias me permitió redescubrir sus grandes potencialidades y, sobre todo, las distintas maneras efectivas y concretas de llevarlas al aula. En este contexto, cabe destacar la educación STEM como la piedra angular sobre la que se construyen —e interactúan— los conocimientos de *Science* (ciencia), *Technology* (tecnología), *Engineering* (ingeniería) y *Mathematics* (matemáticas). Por lo tanto, las profesoras de ambas asignaturas han sido las máximas responsables de hacer germinar la semilla de la educación STEM en mí, haciéndome partícipe de un proceso muy enriquecedor. Así, los conocimientos adquiridos junto a mi interés por nuevos retos encaminaron **mi participación en la jornada STEAMos en familia** en la Universidad Pontificia Comillas, propuesta enmarcada en la **XXI Edición de la Semana de la Ciencia** y sobre la que podemos encontrar una exquisita noticia¹ en la Web de la Universidad.

¹<https://www.comillas.edu/noticias-cihs/3061-ciencia-en-familia>

Propuesta de innovación STEM e investigación aplicada sobre las actitudes ante la ciencia
Introducción y justificación del tema elegido

Propuesta de talleres para hacer en familia!!

El objetivo es explorar la naturaleza a través de las matemáticas y la ciencia.

La actividad está dirigida a familias con niños y niñas con edades comprendidas entre los 10 y los 14 años.

Ponentes:

- **Dra. Elsa Santaolalla Pascual.** Profesora Universidad Pontificia Comillas.
- **Dra. Olga Martín Carrasquilla.** Profesora Universidad Pontificia Comillas.
- **D^a. Sonia Gordo Huratado.** Alumna 4º curso Doble Grado EPI. Universidad Pontificia Comillas.
- **D^a. Blanca Pelayo Sendra.** Alumna 4º curso Doble Grado EPI. Universidad Pontificia Comillas.
- **D^a. Carmen Tortosa de Lucas.** Alumna 4º curso Doble Grado EPI. Universidad Pontificia Comillas.

Actividad con formato **presencial**: Aulas 307/309/310 Edificio B - Facultad de Ciencias Humanas y Sociales. Comillas Cantoblanco, C. *Universidad Comillas, 3-5, 28049 Madrid*



Exciton y dimensión.
Además para una muestra de la actividad

Talleres patrocinados por Iberdrola y Cognizant.

Figura 1. Anuncio de la Jornada *STEAMos en familia* de la Universidad Pontificia Comillas.

De hecho, fruto de mi implicación en esta experiencia, fui capaz de inmiscuirme en la práctica STEM, lo que no solo tuvo un efecto muy positivo a nivel profesional, sino que acarreó cambios emocionales tales como un sentimiento de mayor capacidad en llevar al aula prácticas STEM, lo que está siendo un auténtico círculo virtuoso en mi formación.



Figura 2. Desarrollo de la jornada *STEAMos en familia* en la Universidad Pontificia Comillas.

Por lo tanto, la curiosidad que despierta la educación STEM y las experiencias positivas que he tenido en dicho ámbito, han sido motivos suficientes para embarcarme en la aventura de elaborar un Trabajo de Fin de Grado basado en este enfoque educativo. Así, teniendo en cuenta mi recorrido formativo y el contexto en el que se enmarca la educación STEM, me he sentido muy motivada para elaborar una **propuesta de innovación educativa**, desarrollada en el marco de mis últimas prácticas intensivas en un aula de Primaria, bajo el nombre de Sembrar para investigar. Asimismo, fruto de la aplicación de la propuesta de innovación educativa, surge la oportunidad de medir el efecto que esta tiene sobre las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes, lo que ha posibilitado realizar una **investigación educativa** titulada ApoSTEMos por el talento y destinada a evaluar la propuesta con mayor seriedad y solidez. Ni el nombre de la propuesta educativa ni el de la investigación son asuntos menores, ambos enfatizan los objetivos que buscan alcanzar. En primer lugar, cabe destacar que la propuesta de innovación educativa está íntimamente relacionada con la germinación de semillas en el aula, razón que justifica el nombre elegido. En segundo lugar, el título que recibe la investigación se debe al deseo de la autora por cultivar las vocaciones científicas de los estudiantes, apostando por el «talento STEM» que cada estudiante lleva dentro.

Siguiendo en la línea del análisis efectuado, cabe mencionar que el campo de la **investigación educativa** ha sido otro de los puntos de interés durante mi etapa universitaria. De hecho, considero que la faceta de maestro investigador debe entrar en las aulas, dando pie al desarrollo de investigaciones educativas que midan los efectos que la enseñanza tiene sobre el aprendizaje de los estudiantes. De esta forma y a través de la realización de este trabajo, he podido integrar la mayoría de mis campos de interés, incluyendo el de muchas disciplinas diferentes, de la misma manera en que lo hace el enfoque educativo STEM.

Como resultado, espero que quien se acerque a este trabajo pueda ser testigo y compartir un viaje excitante en el que encuentre la pasión y el gusto de ser partícipe de lo que significa educar en STEM. Para ello he intentado elaborar una estructura coherente, comprensible y sencilla en la que, a partir de un marco teórico inicial, se presenta la propuesta de innovación educativa con todos los

elementos que ella conforma, así como una investigación aplicada enmarcada en la evaluación de la propuesta. Ambos apartados pretenden dibujar un panorama real y contextualizado de la educación STEM a la vez que poder efectuar una medición del efecto que tal educación tiene sobre las actitudes hacia la ciencia de dos grupos de estudiantes. Por lo tanto, la elaboración de este trabajo supone **un reto personal, profesional y educativo** en el que busco demostrar que es posible que las ciencias dejen de ser la *pesadilla* de muchos estudiantes para convertirse en pasión, ganas y asombro.

Como ya apunté al inicio, **este trabajo conecta íntimamente con mi experiencia con las ciencias en mi etapa escolar**. Durante muchos años las ciencias fueron sinónimo de lágrimas, de «porqués» sin respuesta, de incompreensión y hasta desánimo y bloqueo. No obstante, ni el rencor ni la rabia me acompañan, sino la intención por adentrarme en un mundo extraordinario, quizás creado para los más intrépidos o, más bien, para todo aquel que se quiera acercar con las dosis precisas de audacia y curiosidad².

En definitiva, me siento en la obligación y en la tarea de poder brindar la oportunidad a mis futuros estudiantes para que se introduzcan en el fascinante universo de las ciencias de una manera natural, coherente y en el que el error deje ser la marca de fracaso que nos condena a desistir y a no sentirnos lo suficientemente capaces y, muy al contrario, que sea el punto de partida del viaje hacia el conocimiento.

La educación **STEM me interpela como futura maestra**. En mi mano pronto estará la formación de un número elevado de estudiantes con la responsabilidad que ello supone. También es preciso caer en la cuenta de que en los últimos tiempos, y de forma exponencial, se vienen produciendo grandes cambios sociales, tecnológicos y culturales que han modificado nuestra realidad. Como consecuencia será primordial que los estudiantes dispongan de las herramientas y conocimientos precisos para alcanzar las competencias necesarias para ser resolutivos, creativos y responsables en el mundo en el que viven.

²Curiosity fue el nombre que una niña de 12 años dio a la misión espacial de la NASA que sitió una sonda de exploración en la superficie de Marte.

Por otra parte, la educación **STEM también me interpela como mujer**, puesto que en el colectivo de las mujeres hay un menor interés por las profesiones STEM lo que no hace más que engrosar la creencia que comparten muchas de ellas sobre su limitada valía y predisposición para las ciencias. Entiendo que es una clara rémora que debemos combatir sin descanso desde la escuela.

Asimismo, este trabajo es testigo de la **necesidad imperante de establecer conexiones en la escuela entre las distintas disciplinas** que no deben de ser compartimentos estancos. En efecto, si observamos lo que nos rodea, nos percatamos de que todo se entremezcla, teniendo grandes dificultades para separar los distintos campos de conocimiento. Sin embargo, parece que seguimos teniendo la extraña necesidad de clasificar y trazar rígidas fronteras entre los saberes, delimitando exhaustivamente lo que debe abordar, y sobre todo no abordar en cada asignatura. De esta manera, cada una de las materias cree tener a su disposición un territorio independiente y bien acotado, en el que no puede o no debe entrar ninguna otra área de conocimiento. Este modelo educativo nos encamina a poner en nuestra boca frases como: «eso ahora no toca», lo que no hace más que confundir a los estudiantes. De hecho, cuando estos cruzan el umbral de la puerta del aula muchas veces se encuentran con una realidad muy diferente en la que las ciencias, las lenguas e incluso el arte forman un todo interesante, interconectado e íntimamente relacionado y además muy atractivo. Así, lo que aprendemos en el colegio a veces no está en consonancia con la vida real, lo que genera confusión y una muy lógica apatía hacia una parte de las asignaturas escolares.

Por lo tanto, este trabajo precisamente nace de la importancia percibida, a lo largo de todas mis experiencias de prácticas, de la interdisciplinaridad como modelo que dota de significatividad lo que se realiza en el aula. Este hecho, sin duda, ha sido otro de los motivos por el que he elegido enmarcar el presente trabajo en el ámbito STEM.

De igual modo, la elaboración de este trabajo creo que también abre la posibilidad de **poder realizar investigaciones y publicaciones en el ámbito educativo**. Así, la propuesta educativa se puede convertir en un artículo

potencial de la revista [Aula de Innovación Educativa](#) de la editorial Graò. La elección de esta revista recae en su hilo conductor, siendo este el de la innovación. Además, tanto la extensión permitida de los artículos como la naturaleza divulgativa de la revista creo que casan con la propuesta de innovación educativa presentada en este trabajo.

Paralelamente a la posible publicación de la propuesta de innovación educativa, surge la oportunidad de realizar algo similar con el apartado de la investigación, optando en este caso por la [Revista Mexicana de Investigación Educativa \(RMIE\)](#) publicada por el Consejo Mexicano de Investigación Educativa. Si bien es cierto que existe una amplia gama de revistas dedicadas a la investigación, he elegido esta revista por el hecho de haber encontrado artículos de temática y forma similar al que se puede elaborar fruto de la presente investigación. Además, cabe destacar que es una revista trimestral que admite artículos sobre distintos tipos de estudios, incluyendo incluso análisis de experiencias de aula. Por ello, la temática general de esta revista coincide con el artículo de investigación educativa que se puede extraer del presente trabajo.

Además, cabe mencionar que la realización de este trabajo dentro de la temática de STEM permite presentarlo a la **3º Edición de Premios TFG en Educación STEM convocada por Cognizant e Iberdrola**, lo que, sin lugar a dudas, supone mayor motivación e interés—si cabe— en la elaboración del trabajo. Me gustaría agradecer la implicación y el esfuerzo de estas empresas en la formación STEM de los maestros, así como las iniciativas que emprenden para su fomento.

Por último, me gustaría recalcar que me embarco en esta aventura con las ganas de quien va a coger un avión por primera vez. Cierta sensación de incertidumbre mezclada con grandes dosis de emoción y muchas preguntas que obtendrán respuesta allí, en el territorio apasionante de la educación STEM. De hecho, lo que busco a través de esta gran oportunidad que se me ofrece es explorar, compartir y preguntarme, pero sin olvidar que el equivocarme abre un escenario de volver a comenzar con la experiencia ya vivida en mi equipaje. En definitiva, pretendo expresar al máximo esta ocasión y utilizarla como pretexto para encaminarme hacia el mundo de la investigación educativa, todo con el fin de

mejorar la calidad de la enseñanza que se ofrece a los estudiantes y poder sembrar y cultivar de la mejor manera posible las vocaciones científicas que, sin duda, están dentro de cada uno de ellos dispuestas a germinar.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 CONTEXTO ACTUAL Y JUSTIFICACIÓN DE LA EDUCACIÓN STEM

El acrónimo STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) camina, cada vez a pasos más agigantados, hacia el modelo educativo actual. Así, autores como Zollman (2012) indican que ante nuestros ojos se encuentra la denominada generación STEM. Este contexto está favoreciendo que la educación STEM se esté convirtiendo en la gran apuesta para poder resolver los retos sociales a los que nos enfrentamos y que han dado lugar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) elaborados por la Organización de las Naciones Unidas (2015). Es vital tener en cuenta que el mundo en el que vivimos ha cambiado de forma radical. Ante nuestros ojos se presentan desafíos económicos y sociales que poco tienen que ver con la realidad a la que estábamos acostumbrados. Ha sido precisamente esta modificación a nivel global la que ha favorecido que la educación STEM adquiera la importancia y sentido que actualmente posee. De hecho, Arne Duncan, exsecretaria de Educación de Estados Unidos, respondía de esta manera cuando los maestros le preguntaban acerca del porqué de la predominancia STEM: “El mundo cambió y el conocimiento y habilidades científicas son esenciales en la economía del conocimiento” (Bybee, 2013, p. 41).

En efecto, el cambio en las sociedades ha sido tal que se calcula que el 65% de los estudiantes comenzando Educación Primaria ocuparán puestos de trabajo que aún no se han creado (World Economic Forum, 2016). Todo esto hace que tengamos que armarnos con nuevas herramientas y adaptarnos a las nuevas demandas, modificando nuestras formas de hacer, de pensar y de ser en el mundo. Sin duda, estas nuevas demandas—educativas y sociales— requieren nuevas formas de actuar y de educar, pues es inviable resolver problemas nuevos con las herramientas que llevamos decenios utilizando.

Una gran responsable de dicho cambio ha sido la tecnología. Así pues, cada vez vivimos en comunidades más informatizadas en las que las nuevas tecnologías dominan el mercado. De esta manera, los estudios confirman que el desarrollo de la tecnología ha sido exponencial, anunciando un progreso mayor en los

últimos cinco años que en los cincuenta anteriores (White y Shakibnia, 2018). No obstante, a pesar de dicho desarrollo, encontramos una tendencia cada vez menor a iniciarse en estudios STEM por parte de los estudiantes y, aún más acentuada en el colectivo femenino de la sociedad (Ministerio de Educación y de Formación Profesional, 2021). De hecho, estudios sobre las actitudes hacia la ciencia en STEM, como el realizado por Martín et al., (2022), manifiestan una pérdida de interés científico en los estudiantes. Estos resultados explican los datos observados (González-Cervera, et al., 2021) donde tan solo un 24% de los estudiantes en el curso 2019-2020 escogieron un Grado Universitario STEM de los que un escaso 7,7% fueron mujeres. Por ello, nos hallamos en una paradoja en la que aquello que parece esencial, muy pocos lo perciben como tal, o quizás, muy pocos se sienten capaces de ello.

Fruto de esta problemática que se presenta a nivel mundial, han sido muchos los países que se han embarcado en proyectos educativos que promuevan el interés por las profesiones STEM entre sus estudiantes. De acuerdo con la recomendación de la Comisión de 29 de octubre de 2009 relativa al uso de la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO-08) elaborada por la Unión Europea (2009) y al informe sobre la Formación profesional STEM (González-Cervera et al., 2021), los conocidos estudios STEM se relacionan con la ingeniería, las matemáticas, la física, la química, el diseño y las ciencias, excluyendo aquellas de la salud. De esta manera, encontramos una lista de países cada vez más engrosada en la que destaca Australia, Corea del Sur, Reino Unido y Singapur como potenciadores de la educación STEM, y por ello de las profesiones de este tipo. El estudio australiano ACOLA (Australian Council of Learned Academies, 2013) manifiesta una tendencia global a la disminución del número de profesionales STEM, aunque unida a la creencia generalizada de que la ciencia y la tecnología son fundamentales para un buen desarrollo, así como el convencimiento de que lo femenino debe ganar fuerza en dicho ámbito. Por ello, la amplia mayoría de países considera el enfoque STEM como la única manera de lograr un porvenir favorable con ciudadanos capacitados para dar respuesta a las necesidades vigentes.

No obstante, el hecho de que STEM haya sido motivado, en parte, por la falta de profesionales en este ámbito, no provoca que este sea el único objetivo que

promueve. Así pues, algunos autores (Botero, 2018; Couso y Grimalt, 2020) indican que la educación STEM es esencial para todo el alumnado, apelando a la necesidad de educar en la competencia científico-técnica con el fin de que los estudiantes sean capaces de enfrentarse a los problemas de una manera eficaz, siempre velando por el entorno y las personas y con independencia de cuáles sean sus vocaciones profesionales. En efecto, Botero (2018) afirma que, ante la realidad desafiante que acecha, el nuevo ciudadano debe inmiscuirse en prácticas que favorezcan el buen desarrollo global, indistintamente de su desarrollo profesional y que, por ello, debe poseer los conocimientos básicos de las disciplinas STEM. En definitiva, tal y como apunta el mismo autor (Botero, 2018), el máximo objetivo es lograr una sociedad “instruida en STEM” (Botero, 2018, p. 41), que posibilite que todos los individuos sean capaces de desarrollarse armoniosamente en un mundo en el que la ciencia y tecnología llevan varios años asumiendo el papel de protagonistas.

El camino hacia dicha instrucción viene marcado por planes educativos y proyectos de calidad que posibiliten, por una parte, la adquisición de conocimientos y habilidades propias de cada una de las disciplinas STEM, y por otra, el reconocimiento de la conexión que se establece entre dichas disciplinas. De esta manera, encontramos propuestas interesantes de instituciones nacionales como la Universidad de Burgos con *Webciencia* o proyectos internacionales de la mano de European Schoolnet con *Scientix*. Asimismo, cabe destacar el plan educativo bajo el nombre de *STEMadrid* dirigido a fomentar el estudio de las disciplinas STEM en los centros de la Comunidad de Madrid.

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA EDUCACIÓN STEM

Todos somos conscientes de que los acrónimos, y más si proceden de la lengua inglesa, están en boga y que son muchos los proyectos que se bautizan como STEM y que, por desgracia, están muy lejos de serlo. De esta manera, nos topamos con una realidad en la que STEM se utiliza como una palabra de moda y por tanto, carente de significado. En muchas ocasiones, este desconocimiento proviene de la falta de claridad sobre lo que significa realmente la educación STEM. En definitiva, la diversidad acerca de lo que supone STEM ha sido tal, que se ha llegado a un punto en el que «todo» parece querer ser STEM.

Así, es habitual que este acrónimo se confunda con la utilización de avanzadas tecnologías o la puesta en marcha de metodologías muy innovadoras solo disponibles para ciertos colectivos como son los espacios *tinkering* (Simarro, 2020) o la robótica educativa (García Macías, 2018). De hecho, a pesar de que estos elementos coincidan con un posible fomento de la competencia científico-tecnológica, suponen un arma de doble filo dado que enarbolan el consumo irresponsable, el elitismo y un uso desmedido de la tecnología en las aulas, a la vez que enmudecen a aquellos aspectos que caracterizan verdaderamente las propuestas STEM. De esta manera, nos encontramos con aquellos que piensan que el enfoque STEM solo está disponible para aquellos estudiantes que obtienen los mejores resultados en ciencias y matemáticas, como si se tratara de una especie de retribución con carácter excepcional dirigida a un nicho lo suficientemente reducido como para que STEM se convierta en algo inalcanzable para la gran mayoría.

No obstante, autoras como Castro-Rodríguez y Montoro (2021) han arrojado luz al respecto, apelando a las características inherentes a toda propuesta STEM y que, por tanto, homogenizan este enfoque educativo. Dichas características son la interdisciplinariedad, los contextos reales y la resolución de problemas a partir de dichos contextos. Así, se habla de STEM “para todos” (Couso, 2017, p. 24), derribando las creencias sobre la exclusividad de este enfoque.

Asimismo, referentes importantes en este ámbito (Vásquez et al., 2013) definen la educación STEM como la aproximación al aprendizaje, a partir del derribo de las barreras que, de forma habitual, se construyen para separar las disciplinas, a través de su integración en la realidad significativa e interesante para los estudiantes. En definitiva, lo que realmente caracteriza una propuesta STEM es el potencial que tiene en las formas de hacer, de hablar y de pensar de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas con el fin de proponer soluciones válidas a problemas reales basadas en el pensamiento crítico y la creatividad.

De esta manera, varias asociaciones (Advanced CTE et al., 2018) aúnan sus esfuerzos para elaborar tres principios que sustentan buenas prácticas STEM. Dichos principios se detallan a continuación:

- **La educación STEM debe fomentar el aprendizaje de cada una de las disciplinas:** este principio alude a la necesidad de trabajar las disciplinas STEM desde su campo específico para después establecer relaciones con las demás disciplinas STEM.
- **La educación STEM debe establecer conexiones entre todas las disciplinas STEM:** las áreas de ciencias, matemáticas e ingeniería establecen relaciones naturales entre sí mismas de una manera coherente. La tecnología se encarga de dar forma a dichas relaciones, optando por el pensamiento creativo y crítico.
- **La educación STEM debe servir como nexo entre los estudiantes y las profesiones STEM:** una educación STEM de calidad está relacionada con la orientación de los estudiantes hacia el campo profesional, permitiéndoles explorar sus intereses e inclinaciones hacia las profesiones STEM. De hecho, el interés y la confianza que desarrollen los estudiantes en este ámbito será un factor determinante para su orientación profesional.

Para poder definir las características de STEM y llegar así, al significado real que tiene este acrónimo es vital conocer los rasgos que comúnmente se confunden con la educación STEM. Así, Morrison (2006) enuncia una serie de aspectos clave que, en ocasiones, se encuentran erróneamente enlazados a STEM. De esta manera, STEM no supone:

- Pensar que tecnología se equipara con un número determinado de ordenadores.
- Eliminar el método científico en las aulas.
- Posicionar a la tecnología y a la ingeniería como disciplinas ajenas al curso y generadoras de conflictos.
- Considerar que los estudiantes instruidos en STEM no recibirán una formación en humanidades de calidad.

Asimismo, otro de los errores frecuentes que se comenten en el ámbito STEM recae en pensar que este tipo de educación no tiene cabida en la etapa de Infantil. Así, Couso (2020) evidencia que esta confusión viene de la mano de la falta de claridad sobre lo que supone educar en STEM. No obstante, este

enfoque está en conexión con la educación Infantil de una manera directa e incide muy positivamente en el aprendizaje a estas edades.

Asimismo, cabe mencionar que la metodología por proyectos es un gran motor para STEM. No obstante, no basta con implementar esta metodología para hacer STEM. De hecho, con frecuencia se comete el gran error de centrar los esfuerzos en el trabajo por proyectos, abandonando los contenidos de las disciplinas STEM. Por otra parte, en otras ocasiones, STEM parece que se convierte, a ojos de muchos, en una excusa justificada de alargar los contenidos de las etapas de Infantil y Primaria. Sin embargo, organismos de prestigio como el National Research Council (2012) afirman que solo son necesarias “ideas nucleares básicas” para iniciar propuestas STEM en el aula. Por ello, los estudiantes deben conocer y elaborar las principales prácticas de cada una de las disciplinas, reconociendo cómo cada una de las áreas de conocimiento colabora en el acceso al mismo. Asimismo, habitualmente se piensa que hacer STEM en el aula supone integrar matemáticas, ingeniería, tecnología y ciencias a la vez. No obstante, estar verdaderamente instruido desde el punto de vista STEM implica ser capaz de escoger en cada caso las prácticas prioritarias con el fin de resolver el problema planteado.

2.3 METODOLOGÍAS EN EL MARCO DE LA EDUCACIÓN STEM

Uno de los errores habituales en el marco de la educación STEM es pensar que este enfoque responde a una metodología específica de aprendizaje (Morera et al., 2020). El hecho de que STEM esté ligado a aplicar en el aula una metodología concreta abre el abanico de posibilidades, pudiendo plantear actividades o talleres desde formas de trabajo muy dispares, si bien los principios STEM se respetan en todas ellas. Sin embargo, esta idea no implica que cualquier modo de trabajo sea suficiente y adecuado. Tal y como Martín y Santaolalla (2020) indican, la educación STEM busca dar las herramientas necesarias a los estudiantes para que se inmiscuyan activamente en la sociedad, así como para que desarrollen el pensamiento crítico. Asimismo, Couso (2017) apunta hacia la resolución de problemas y la creatividad como ejes transversales de las propuestas STEM. Por ello, será prioritario utilizar las metodologías que coincidan con el fomento de todas estas habilidades por parte de los estudiantes.

Entre estas se encuentran, de manera mayoritaria, las conocidas metodologías activas, que, además, tal y como apuntan las autoras (Martín y Santaolalla, 2021) han venido de la mano de la educación STEM y coinciden con el cambio de paradigma educativo en el que el aprendizaje se sitúa en el centro. De hecho, estudios sobre el fomento de la educación STEM, como el elaborado por Herce et al. (2022), indican la abundancia de las metodologías activas como medio para cultivar el talento STEM en los estudiantes.

De esta manera, de acuerdo con Doménech-Casal et al. (2019), el enfoque educativo STEM encuentra cobijo en metodologías muy variadas entre las que encontramos las siguientes:

- **Aprendizaje basado en problemas:** El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) responde a una metodología didáctica que hunde sus raíces en el constructivismo. Así, de acuerdo con los expertos (Noriega-Castillo, 2021; Marlene, 2021; Prieto, 2008) el estudiante se convierte en el protagonista de su aprendizaje, dando respuesta a la situación problemática que el maestro, en su rol de guía y, le presenta. De esta manera, esta forma de trabajo implica la utilización de un reto como punto de partida y principal estímulo de aprendizaje de los estudiantes. Por ello, esta metodología presenta grandes beneficios tales como la adquisición de un gran acervo de competencias acompañado de una gran motivación e implicación por parte de los estudiantes (Farida et al., 2012). Asimismo, de acuerdo con Doménech-Casal (2018), este enfoque metodológico se ha convertido en la pieza clave de la educación STEM, siendo considerado como el camino a seguir para lograr los objetivos STEM. A lo largo de la propuesta de innovación educativa que vertebra el trabajo, encontramos la implementación de esta metodología, teniendo especial relevancia en la primera sesión.
- **Aprendizaje por descubrimiento:** El origen del aprendizaje por descubrimiento se encuentra en Bruner, psicólogo estadounidense de mediados del siglo XX. Así, de acuerdo con este autor (2006) esta metodología se inserta en la teoría constructivista del aprendizaje y responde a la capacidad que tiene el aprendiz de lograr su propio

aprendizaje, incidiendo en la observación y en la posterior generalización. En este contexto, la curiosidad se convierte en el motor que empuja al estudiante a aprender y a avanzar en sus conocimientos. En este caso, la figura del docente se caracteriza por ser una guía con múltiples recursos que hacen aflorar la curiosidad del estudiante. Así, el término del «andamiaje» se convierte en un aspecto clave y permite a los alumnos progresar y adquirir las habilidades, que paulatinamente, deben conquistar.

- **Indagación:** El aprendizaje a través de la investigación es una metodología muy versátil que puede ser utilizada para abordar problemáticas prácticas cercanas a la vida real de los estudiantes, brindándoles la oportunidad de conocer el saber hacer y ser de los procesos investigadores (Caamaño, 2011). Esta metodología está en consonancia con la propuesta de innovación educativa presentada dado que supone el hilo conductor de todo el proyecto.
- **Design Thinking:** Esta metodología interpela a la capacidad creativa de los estudiantes, proponiendo la creación de un producto atendiendo a una problemática concreta. Teniendo en cuenta el informe publicado por el colegio Ellinogermaniki Agogi (2021), el *Design Thinking* ofrece muchas posibilidades en el campo educativo, siendo una de ellas la complementación con el ABP, enriqueciendo y completando dicha metodología. Asimismo, esta forma de trabajo, de acuerdo con Albarat (2016) coincide a la perfección con la naturaleza y objetivos de la educación STEM puesto que permite trabajar sobre la resolución de problemas así como sobre el acercamiento de las niñas y niños a las vocaciones científicas, teniendo especial importancia la tecnología. En la propuesta de innovación educativa, observamos la presencia del *Design Thinking* en la última sesión destinada a la elaboración de un producto final.
- **Aprendizaje colaborativo:** Dado que la educación STEM busca desarrollar en los estudiantes habilidades fundamentales para ser

ciudadanos responsables y participativos, el trabajo colaborativo se convierte en una pieza clave. De hecho, este modo de trabajo permite trabajar las habilidades sociales además de formar parte de una de las competencias clave bajo el nombre de las sociales y cívicas (Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2015). En la propuesta de innovación educativa esta forma de trabajo ha sido el marco en el que se ha desarrollado la integridad del proyecto.

- **Rutinas de pensamiento:** De acuerdo con Perkins (2013), las rutinas de pensamiento son estrategias y patrones de pensamiento que pueden ser utilizadas en todas las áreas de conocimiento. Su potencial reside en la capacidad que tienen de activar el pensamiento de los estudiantes, persiguiendo la metacognición y con ello una mayor implicación en la práctica de aula. En la propuesta de innovación educativa se utilizó una de las rutinas (*one-minute-paper*) como primera aproximación a la temática del proyecto.

Paralelamente a la metodología utilizada en cualquier propuesta STEM, es esencial tener en cuenta que la educación STEM está ligada con el enfoque interdisciplinar, y que, por ello, con las formas de organización de aula que generen intercambios valiosos, significativos y debidamente contextualizados entre las diferentes disciplinas, todo con el fin de favorecer un aprendizaje verdadero.

2.4 EFECTOS DE LA EDUCACIÓN STEM EN EL APRENDIZAJE

El interés incipiente por la educación STEM ha permitido que no sean escasos los estudios sobre el efecto que tienen dichas propuestas sobre el aprendizaje de los estudiantes. De hecho, durante los últimos años se han publicado investigaciones (Cotabish et al., 2014; Yildirim, 2016) que evidencian una mejora en creatividad, pensamiento crítico y rendimiento de los estudiantes fruto de la implementación de propuestas STEM en el aula de Primaria. Así, se ha observado que la educación STEM incide muy positivamente sobre la capacidad de resolución de problemas a la vez que aporta a los estudiantes las herramientas necesarias para convertirse en ciudadanos creativos e

innovadores (Brown et al., 2011; So et al., 2020). Asimismo, distintos estudios como el llevado a cabo por Kurnia et al. (2021) ponen de manifiesto una mejora en las capacidades de orientación y visión espacial de los estudiantes a partir del trabajo por proyectos siguiendo el modelo de la educación STEM. Paralelamente, Martín Pena et al. (2018) manifiestan mayores vocaciones científicas en los estudiantes, tanto en niñas como en niños, fruto de la implementación de una propuesta de aula STEM. Por ello, este enfoque educativo permite trabajar el gusto de la ciencia, acercando de forma satisfactoria a los estudiantes a la realidad científica.

Sin embargo, los efectos tan positivos que tiene la educación STEM sobre el aprendizaje no se limitan a la etapa de Primaria, sino que son extrapolables a la Educación Infantil. Curiosamente, estos estudiantes, no habiendo adquirido aún las habilidades lectoescritoras, son capaces de comparar, observar, preguntar y dibujar sin grandes dificultades. Estas últimas habilidades son sus innatas señas de identidad que coinciden, como si de un puzle se tratara, con las habilidades STEM. Por ello, este enfoque resulta de una gran utilidad y se muestra como una herramienta que permite un aprendizaje contextualizado y en consonancia con lo que los estudiantes naturalmente son (Yücelyiğit y Toker, 2020). Por lo tanto, implementar esta educación en edades tempranas permite construir, desde el comienzo, los cimientos que caracterizan a cada una de las disciplinas STEM. Además, encontramos algunas intervenciones educativas STEM (González-Cervera et al., 2021) que manifiestan un aumento de la motivación y de la capacidad de atención sostenida de los niños y niñas a edades tempranas, debido, en gran parte a la posibilidad de participación que permite hacer STEM en el aula.

Por ende, si tenemos en cuenta los datos expuestos, percibimos los grandes beneficios que tiene el enfoque STEM sobre los procesos de aprendizaje. De hecho, si se acude a los resultados de las conocidas pruebas PISA (2019) y se compara con la situación de la educación STEM en el mundo (Botero, 2018) se observa cómo los países que obtienen mejores resultados de matemáticas y ciencias en PISA (Corea del Sur, China, Singapur y Finlandia) son aquellos que posicionan el enfoque STEM en un lugar privilegiado de sus sociedades. Este hecho puede podría ser un indicador de hacia dónde deben dirigirse los

esfuerzos con el fin mejorar el aprendizaje de los estudiantes, dándoles las herramientas necesarias para afrontar la realidad.

Sin embargo, pensar en STEM únicamente como un potenciador de habilidades esenciales para dar respuesta a los retos actuales, supone silenciar al resto de los objetivos que persigue STEM. En definitiva, al efecto positivo que tiene este enfoque educativo sobre el aprendizaje global de los estudiantes, se añade una de las principales causas de su origen: la incipiente necesidad de despertar las vocaciones científicas, prestando especial atención al sector femenino de la población, con el fin de cubrir la gran falta de profesionales STEM en la sociedad. Por lo tanto, implementar una educación STEM implica dirigir la mirada hacia una gran apuesta por ofrecer a los estudiantes habilidades y herramientas necesarias para hacer frente al siglo XXI, incidiendo muy positivamente en la competencia científico-tecnológica de niños y niñas, que, alejados de los estereotipos y convencionalismos, comienzan a ver las ciencias desde una perspectiva nueva, necesaria y, sobre todo, alcanzable.

3 PROPUESTA DE INNOVACIÓN EDUCATIVA: Sembrar para investigar

3.1 PRESENTACIÓN

La propuesta de innovación educativa *Sembrar para investigar*³ ha sido diseñada teniendo en cuenta las ideas arrojadas a lo largo del marco teórico y, por lo tanto, se basa en los principios fundamentales de toda iniciativa STEM. De esta manera, la propuesta pretende establecer conexiones entre las distintas disciplinas de forma natural a la vez que intenta fomentar el interés por todas las disciplinas STEM, adquiriendo especial relevancia las matemáticas y las ciencias del medio natural. Asimismo, cabe destacar que ha sido posible implementar esta propuesta gracias al enfoque interdisciplinar con el que se trabaja en Liceo Francés de Madrid, centro en el que se ha desarrollado la propuesta. Por lo tanto, la propuesta de innovación ha sido realmente una propuesta de intervención educativa que se ha desarrollado íntegramente en francés.

La propuesta se ha elaborado pensando en los estudiantes de 4º curso de Primaria y está relacionada con los contenidos relativos al desarrollo y crecimiento de las plantas. Así, se centra en experiencias de germinación en el aula que permitirán trabajar las condiciones de vida de las plantas.

Precisamente, es la naturaleza de la propuesta la que hace que la observación y la experimentación se conviertan en piezas claves. De hecho, se espera que los estudiantes, a partir de la formulación de hipótesis y de conclusiones, descubran todo lo que el mundo de las plantas les ofrece. En este contexto, la formulación de interrogantes en detrimento de la aportación de respuestas a los estudiantes se convierte en un aspecto vital que va a favorecer que dicha propuesta de innovación se convierta en una experiencia verdaderamente STEM.

Además, el proyecto pretende lograr que los estudiantes disfruten observando, descubriendo y construyendo. En definitiva, que disfruten aprendiendo sobre el

³La totalidad de las tablas y figuras presentes en la propuesta de innovación educativa *Sembrar para investigar* han sido de elaboración propia.

suceso habitual y espontáneo de la vida, que, a pesar de su cotidianidad, sigue siendo objeto de sorpresa.

A continuación, se presentan todos los elementos básicos de una propuesta de innovación educativa.

3.2 OBJETIVOS GENERALES DE LA PROPUESTA

Con el objetivo de concretar la propuesta de innovación educativa, se han elaborado una serie de objetivos generales.

1. Elaborar una propuesta STEM sobre la germinación que integre contenidos de las distintas disciplinas de forma coherente y organizada.
2. Posibilitar una experiencia de aprendizaje que permita el disfrute por la ciencia y la investigación.
3. Establecer conexiones entre las disciplinas STEM y el contexto cotidiano de los estudiantes.

3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA PROPUESTA

Con el fin de concretar los objetivos generales de la propuesta se han elaborado los correspondientes objetivos específicos.

1. Elaborar una propuesta STEM sobre la germinación que integre contenidos de las distintas disciplinas de forma coherente y organizada.
 - 1.1 Diseñar sesiones interesantes y motivadoras, cuyo hilo conductor sea la germinación de las semillas, en las que las Matemáticas, el Conocimiento del Medio Natural, la Ingeniería y la Tecnología sean protagonistas.
 - 1.2 Situar el interrogante en el centro de la propuesta.
2. Posibilitar una experiencia de aprendizaje que permita el disfrute por la ciencia y la investigación.
 - 2.1 Permitir que los estudiantes adquieran el rol de científicos con el fin de que se inmiscuyan en la práctica científica de aula.

2.2 Generar momentos de intercambio que fomenten actitudes positivas hacia la ciencia.

3 Establecer conexiones entre las disciplinas STEM y el contexto cotidiano de los estudiantes.

3.1 Trabajar las maneras de pensar y de hacer de las ciencias experimentales, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas.

3.2 Establecer conexiones entre las conclusiones obtenidas y la vida real de los estudiantes.

3.4 CONTEXTO EN EL QUE SE APLICA LA PROPUESTA EDUCATIVA

Si bien la propuesta elaborada puede aplicarse en cualquier centro educativo que oferte la etapa de Educación Primaria, se ha elegido el Liceo Francés de Madrid como centro de referencia. La razón de esta decisión radica en el desarrollo de las prácticas docentes en dicho centro educativo.

Por una parte, en cuanto al nivel socioeconómico del centro cabe mencionar que la propuesta se ha implementado en un centro privado en la que la amplia mayoría de las familias pertenecen a un nivel socioeconómico medio-alto. Sin embargo, este hecho no ha sido decisivo en la implementación de la propuesta dado que dicha intervención se podría llevar a cabo en un centro con menos recursos. Por otra parte, el Liceo Francés de Madrid pertenece a la red de centros innovadores (Tonucci, 1990) por lo que la implementación de la propuesta de innovación ha sido posible de una manera natural, coherente y debidamente justificada. De esta manera, se han utilizado la investigación y la creatividad de los estudiantes como puntos de partida de la intervención.

Además, cabe destacar que no ha habido grandes obstáculos curriculares pues el centro trabaja desde el enfoque interdisciplinar, realizando conexiones entre distintas asignaturas y eliminando la concepción limitada y estanca de las materias.

Asimismo, dada la tipología de centro, cabe mencionar que la propuesta se ha realizado de manera integral en francés⁴. Este hecho, ha posibilitado una mayor flexibilidad en la propuesta y la eliminación de obstáculos relacionados con el tiempo, pues los estudiantes permanecen periodos prolongados de tiempo con el bloque de francés, en el que se desarrollan todas las asignaturas salvo las relativas a Lengua española e Inglés. De esta manera, las horas lectivas de francés se han podido repartir de formas distintas, de acuerdo con las necesidades de la propuesta. Así, ha habido sesiones para las que se ha necesitado el tiempo estipulado por sesión (60 minutos) y otras que han requerido mayor duración (80 o 90 minutos).

La propuesta se lleva a cabo en el curso de *Cours moyen 1* (CM1) del sistema de escolarización francesa, equivalente al curso de 4º de Primaria en sistema educativo español, tal y como se observa en la tabla 1, presentada a continuación.

Sistema educativo francés			Edad	Sistema educativo español		
ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE	Cours préparatoire CP	Ciclo 2	6-7 años	1º de Primaria	Primer ciclo	EDUCACIÓN PRIMARIA
	Cours élémentaire 1 CE1		7-8 años	2º de Primaria		
	Cours élémentaire 2 CE2	Ciclo 3	8-9 años	3º de Primaria	Segundo ciclo	
	Cours Moyen 1 CM1		9-10 años	4º de Primaria	Tercer ciclo	
	Cours Moyen 2 CM2		10-11 años	5º de Primaria		
		11-12 años	6º de Primaria			

Tabla 1. Equivalencia entre el sistema educativo francés y el español en la etapa de educación Primaria.

Por tanto, los estudiantes con los que se ha realizado la intervención educativa tienen entre nueve y diez años. El currículo francés (Ministère de l'Éducation, de

⁴A lo largo de las sesiones de la propuesta de innovación educativa se encuentran los materiales elaborados de manera integral en francés.

la Jeunesse et des sports, 2021) considera el curso de CM1 como consolidación de lo aprendido en cursos anteriores con el fin de mejorar en abstracción y generalización. Por ello, siguiendo las directrices de este gobierno, en dicho curso se deben trabajar el pensamiento crítico, la creatividad y la precisión, habilidades que interpelan a STEM y que, de hecho, son trabajadas a través de la propuesta de innovación educativa. No obstante, esta propuesta es muy flexible, siendo sencillo adaptar los contenidos y con ello, su dificultad. Dado que la propuesta se basa en la germinación y trabaja las variables del agua, el frío y la luz, es interesante realizarla en la estación de invierno con el fin de que se pueda trabajar la variable de la temperatura sin ningún problema. No obstante, como mencionado anteriormente, la propuesta es de sencilla adaptación por lo que se puede realizar en cualquier etapa del curso en función de las variables que se desee medir. En este caso, se han seleccionado los meses de enero y febrero para llevar a cabo la propuesta debido a la realización de las prácticas intensivas en el centro. Por lo tanto, se ha desarrollado a lo largo de los meses de enero y febrero, correspondientes con el segundo trimestre.

3.5 METODOLOGÍA

En este apartado del trabajo se procederá a concretar la metodología utilizada a lo largo de la propuesta, así como los recursos que se requieren para poder llevarla a cabo.

El hecho de que la propuesta diseñada responda al enfoque de la educación STEM condiciona la metodología empleada. De hecho, el método que se sigue está en consonancia con lo que se persigue fomentar en los estudiantes: el pensamiento crítico, la colaboración y la capacidad de observación. Así, teniendo en cuenta las ideas arrojadas por algunos expertos (Domènech-Casal et al., 2019), se han combinado varios tipos de metodologías⁵ entre las que destacan la resolución de problemas, el aprendizaje guiado y el aprendizaje por descubrimiento. A continuación, se detalla cómo ha favorecido cada una de estas metodologías a la puesta en marcha de la propuesta de innovación.

⁵En el apartado 2.3 del marco teórico se encuentran detalladas las metodologías STEM.

- **Aprendizaje basado en problemas (ABP):** El ABP ha supuesto el hilo conductor de gran parte de las sesiones de la propuesta educativa. Por una parte, ha permitido iniciar el proyecto, dando forma y sentido a la investigación sobre la germinación que se ha desarrollado y por otra parte, ha posibilitado conectar los conocimientos adquiridos sobre las condiciones de vida de las plantas con la construcción de los invernaderos. Por todo ello, esta metodología activa e innovadora ha sido el punto de partida que ha desafiado a los estudiantes para que dieran respuestas a las situaciones que se les planteaban.
- **Rutinas de pensamiento:** Teniendo en cuenta los grandes beneficios que poseen las rutinas de pensamiento sobre el aprendizaje de los estudiantes, se ha utilizado la técnica del *one-minute-paper* como introducción a la temática del proyecto. Asimismo, se ha seguido en la sesión introductoria de la propuesta la estructura de la rutina *Veo, pienso, me pregunto* como forma de movilización de conocimientos, estableciendo conexiones entre lo que los estudiantes conocen y aquello que quieren conocer.
- **Design Thinking:** Esta metodología se ha implementado en la construcción de los invernaderos. Así, el *Design Thinking* se ha combinado con el ABP con la intención de que los estudiantes elaboraran su modelo de invernadero (5ª sesión), experimentando lo que implica imaginar, crear y compartir.
- **Aprendizaje por descubrimiento:** El hecho de que se haya planteado una propuesta de innovación cuya base haya sido la curiosidad de los estudiantes, ha posibilitado la utilización de esta metodología. En efecto, se han introducido dosis de sorpresa que han motivado a los estudiantes. Fruto de esto, estos han podido avanzar en sus conocimientos e incluso desarrollar intereses que creían no poseer, como es el caso de las plantas. En este aspecto, se han tenido en cuenta los conocimientos previos de los estudiantes y se ha favorecido, a través de la observación e investigación, que construyeran otros nuevos. Asimismo, cabe destacar que el aprendizaje por descubrimiento ha sido en todo caso guiado, dado que el docente ha

ofrecido recursos a los estudiantes, dirigiéndoles a alcanzar los objetivos propuestos y respetando sus ritmos de aprendizaje.

- **Trabajo colaborativo:** Esta forma de trabajo ha supuesto el marco organizativo bajo el que se ha desarrollado la propuesta de innovación. De hecho, esta metodología ha permitido trabajar gran parte de los contenidos transversales a la vez que ha favorecido avanzar en habilidades STEM como la creatividad o la participación activa. Además, el trabajo colaborativo ha tenido gran utilidad para hacer partícipes a los estudiantes en el proceso evaluativo, lo que, sin duda, ha sido algo muy enriquecedor. Hacer partícipes a los estudiantes en el proceso evaluativo, lo que, sin duda, ha sido algo muy enriquecedor. El recurso por excelencia de la propuesta de innovación es el correspondiente con la experimentación. De hecho, a través de ella se vertebra la totalidad de la propuesta puesto que permite trabajar los contenidos seleccionados, alcanzando los objetivos propuestos.

3.6 ACTIVIDADES

La propuesta de innovación educativa está conformada por cinco sesiones en las que los estudiantes, organizados por grupos heterogéneos e idénticos a lo largo del proyecto, trabajarán de manera integrada las disciplinas STEM. Así, teniendo en cuenta el panorama competencial del que se tiñe la educación en España, se han tenido en cuenta los saberes básicos y las competencias recogidas en el Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. De esta manera, la propuesta de innovación educativa persigue trabajar la competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería. Por ello, se ha realizado una selección de los saberes básicos correspondientes con las asignaturas de matemáticas y conocimiento del medio natural que se trabajan a partir de la propuesta *Sembrar para investigar*. En este contexto cabe destacar que, dada la naturaleza interdisciplinar de las actividades, los distintos saberes básicos dan la posibilidad de ser abordados desde distintas disciplinas, más allá de las ciencias y las matemáticas, y entre las que encontramos la tecnología y la ingeniería.

A continuación, se presenta una tabla que muestra los saberes básicos que se trabajan con la propuesta *Sembrar para investigar* (tabla 2) y otra tabla que describe brevemente cada sesión, especificando la duración y las disciplinas que intervienen en cada una de ellas (tabla 3).

Propuesta de innovación STEM e investigación aplicada sobre las actitudes ante la ciencia
Propuesta de innovación educativa

ASIGNATURAS	DISCIPLINAS QUE INTERVIENEN	SABERES BÁSICOS
Conocimiento del medio natural		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Uso de dispositivos adecuados en la realización de investigaciones. ✓ Fases del método científico. ✓ Formulación de hipótesis. ✓ Cuidado hacia las plantas. ✓ Identificación de las condiciones de vida de las plantas. ✓ Formulación de conclusiones de la investigación. ✓ Avances relacionados con la ciencia y la tecnología en las sociedades.
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Uso de instrumentos y dispositivos para realizar observaciones relacionadas con la germinación.
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Elaboración de un modelo de invernadero: diseño, prueba y comunicación. ✓ Construcción de un invernadero en tres dimensiones.
		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Avances relacionados con la ciencia y la tecnología en las sociedades.
Matemáticas		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resolución de situaciones problemáticas en contextos de la vida cotidiana. ✓ Estimaciones de medidas. ✓ Medición con instrumentos convencionales. ✓ Uso de gráficos de puntos.
Transversales		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Participación activa en el equipo de trabajo. ✓ Respeto hacia todos los integrantes.

Tabla 2. Saberes básicos de la propuesta de innovación educativa *Sembrar para investigar*

DESCRIPCIÓN DE LA SESIÓN	DISCIPLINAS	Duración
<p>1º sesión: Sesión introductoria del proyecto en la que se presentará el mismo, identificando conocimientos previos e intereses. Se comienza la investigación mediante la elaboración de los dispositivos y la formulación de hipótesis.</p>		80'
<p>2º sesión: Se producen las primeras observaciones de las semillas y se recogen los datos correspondientes.</p>		60'
<p>3º sesión: Se realiza una segunda observación de las semillas y se recogen los datos correspondientes. Hay puestas en común de lo observado y los estudiantes se inician a la formulación de conclusiones.</p>		60'
<p>4º sesión: Se realiza una tercera observación de las semillas y se formulan las conclusiones. Se introduce la tecnología en el proyecto en conexión con la elaboración de los invernaderos.</p>		60'
<p>5º sesión: Se construyen los invernaderos y se presentan en el gran grupo.</p>		90'

Tabla 3. Descripción de las sesiones de la propuesta de innovación educativa *Sembrar para investigar*

1ª sesión: PENSAMOS QUE...

La primera sesión de *Sembrar para investigar* se realizará en la clase de referencia y en ella participarán 28 estudiantes organizados en grupos de siete. Asimismo, esta sesión tendrá una duración de 80 minutos en la que se introducirá la temática, se formularán hipótesis y se elaborarán los dispositivos de germinación. Por ello, la experimentación se convierte en una pieza clave, lo que posibilitará la posterior indagación. En esta sesión participan fundamentalmente las disciplinas correspondientes con conocimiento del medio natural y matemáticas.

Objetivos didácticos:

- ✓ Formular hipótesis teniendo en cuenta las variables (temperatura, agua y luz).
- ✓ Valorar el método científico como una herramienta útil para obtener conocimientos.
- ✓ Elaborar los dispositivos de germinación.
- ✓ Trabajar en equipo correctamente.

Saberes básicos:

SABERES BÁSICOS	DISCIPLINAS
<p>CULTURA CIENTÍFICA Iniciación a la cultura científica</p> <p>Uso de dispositivos adecuados en la realización de investigaciones.</p> <p>Fases del método científico.</p> <p>Formulación de hipótesis.</p>	
<p>SENTIDO NUMÉRICO Conteo</p> <p>Resolución de situaciones problemáticas en contextos de la vida cotidiana.</p>	
<p>SOCIEDADES Y TERRITORIOS Alfabetización cívica</p> <p>Participación activa en el equipo de trabajo.</p>	

Tabla 4. Saberes básicos de la 1ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

Metodología: rutinas de pensamiento, Aprendizaje Basado en Problemas y trabajo colaborativo.

Evaluación: observación de los estudiantes y de la ficha de hipótesis ([Anexo II](#)). Evaluación a través de la *checklist* de la primera sesión (tabla 5).

COMPETENCIA CLAVE	COMPETENCIAS ESPECÍFICAS	INDICADOR	SÍ	NO	OBSERVACIONES
Competencia STEM	Enunciar predicciones de manera razonable.	Formula correctamente las hipótesis.			
	Realizar experimentos guiados, haciendo uso de los dispositivos adecuados.	Elabora correctamente los dispositivos con las semillas.			
	Dar respuesta a situaciones-problema aplicando un razonamiento matemático.	Es capaz de resolver el problema sobre las combinaciones de variables.			
	Desarrollar destrezas sociales en equipos de trabajo.	Muestra una actitud respetuosa hacia todos los integrantes.			

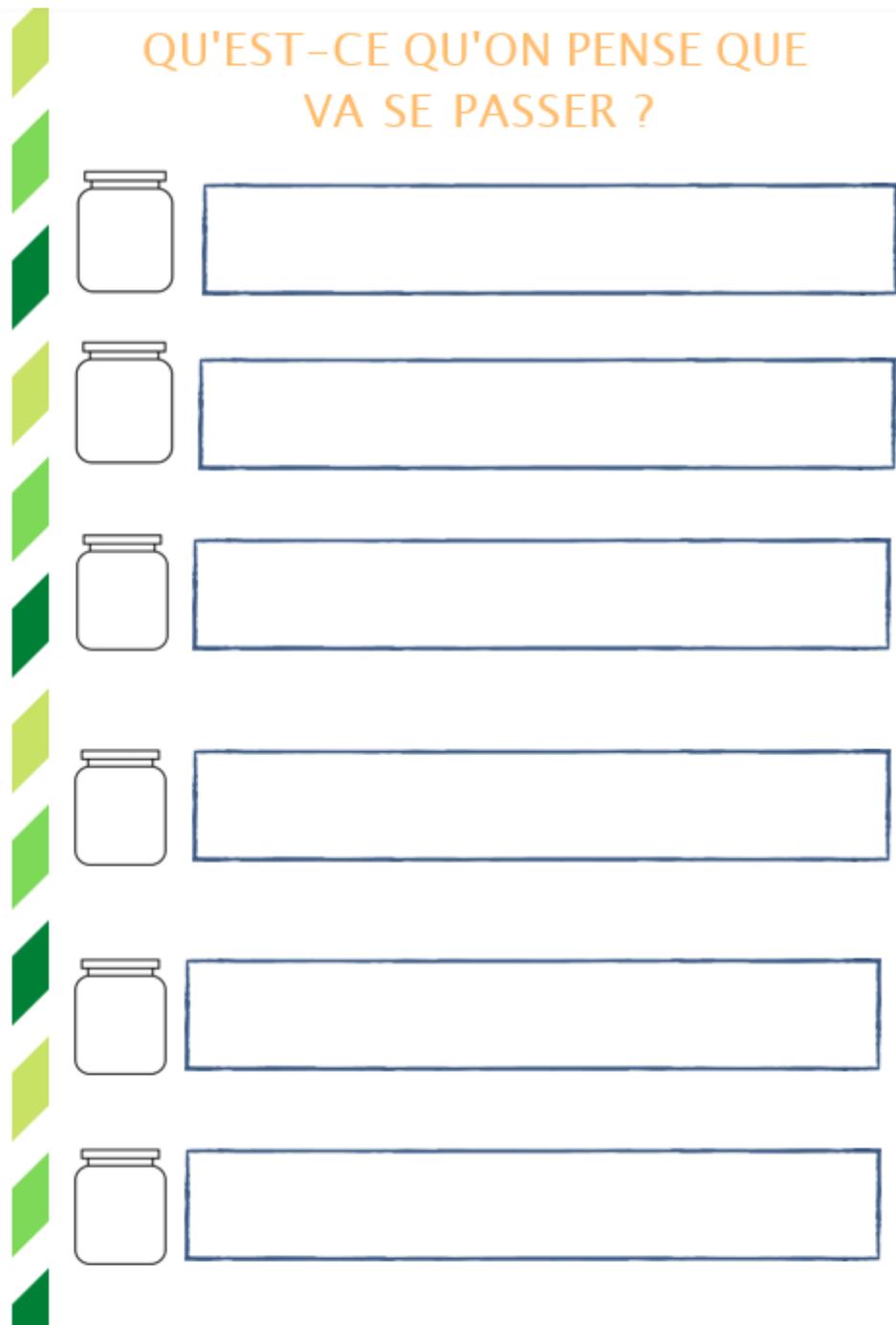
Tabla 5. *Checklist* de evaluación de la competencia STEM de la 1ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

Materiales: pequeños vasos de plástico, cuatro tipos de semillas diferentes (en este caso se han utilizado lentejas, judías blancas, semillas de rábano y guisantes), algodón, botes con agua y etiquetas (figura 3). Se aconseja el uso de pizarras blancas individuales. También se necesita la hoja de hipótesis del proyecto (figura 4).



Figura 3. Materiales utilizados para la elaboración de los dispositivos de germinación en la 1ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

QU'EST-CE QU'ON PENSE QUE
VA SE PASSER ?



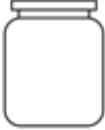
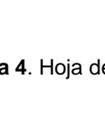
	
	
	
	
	
	
	

Figura 4. Hoja de hipótesis utilizada en la 1ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

DESCRIPCIÓN DE LA SESIÓN:

Introducción: la sesión inicial del proyecto permite realizar una primera aproximación al mundo de las plantas, dirigiendo la mirada hacia las condiciones de vida de estas. En esta sesión se realizará la presentación del tema, llevando al aula una planta y varias semillas. Se utilizará la estructura de la rutina *Veo, pienso y me pregunto* con el fin de identificar conocimientos previos de los estudiantes e intereses acerca del mundo de las plantas.

Parte principal: una vez se han compartido las ideas de los estudiantes se les planteará la pregunta «¿**Qué necesitan las plantas para crecer?**» En esta ocasión, se llevará a cabo la técnica de *one-minute paper* con el objetivo de comprobar los conocimientos previos que poseen los estudiantes, así como los posibles intereses en torno a las plantas (figura 5). Después de esta breve dinámica se pondrán en común las ideas, guiando el diálogo hacia las tres variables que se van a estudiar (luz, temperatura y agua). Es esencial medir la temperatura dentro y fuera del aula con el fin de concretar la variable de la temperatura que se va a tener en cuenta.

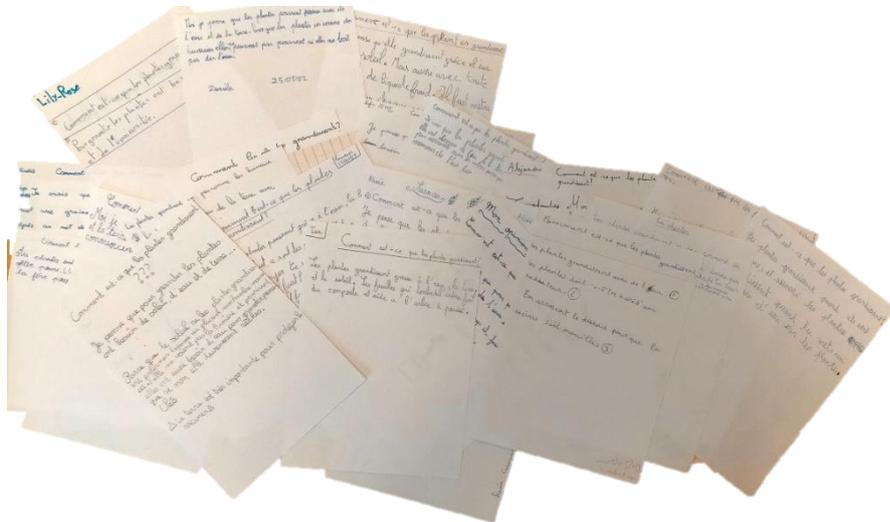


Figura 5. Fichas con las respuestas de los estudiantes a la actividad one-minute-paper realizada en la 1ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

Una vez se han compartido las distintas respuestas, es interesante plantear a los estudiantes la siguiente cuestión: «¿**De qué modo creéis que podemos comprobar cuáles son las condiciones de vida de las plantas?**». De esta manera, se iniciará en el aula un debate acerca de las formas en las que se

puede llevar a cabo el experimento. El objetivo es que el docente guíe el diálogo hacia el método científico y sus etapas, entendidas como la observación, la formulación de hipótesis, la experimentación y la elaboración de conclusiones. El siguiente paso que el docente deberá dar será introducir la elaboración de los dispositivos para las semillas. Cabe destacar que dependiendo de la edad y de la experiencia de los estudiantes se puede elegir trabajar con las variables combinadas o aislarlas de manera que se estudien de forma independiente. En este caso, se ha decidido trabajar las variables una a una, todo con el fin de descubrir cuáles son las condiciones más favorables de vida de las plantas. De nuevo, se utilizará el interrogante para movilizar el pensamiento de los estudiantes, quienes, haciendo uso de algún recurso tal como las pequeñas pizarras blancas responderán a la cuestión «**¿Cuántos dispositivos son necesarios para llevar a cabo el experimento?**». Una vez que los estudiantes hayan escrito su respuesta, levantarán las pizarras y se pondrán en común las respuestas. Después, resulta esencial llevar el diálogo hacia las seis combinaciones de variables que se van a producir fruto del experimento. En la tabla 6 se pueden ver las seis combinaciones de variables del proyecto.

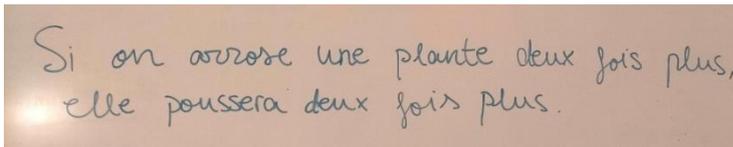
N.º de dispositivo	Variable dependiente	Variable independiente	Variabes controladas
1	germinación	Agua	Aire, luz y temperatura ambiente (20°C)
2	germinación	No agua	Aire, luz y temperatura ambiente (20°C)
3	germinación	Temperatura ambiente (20°C)	Agua, luz y aire
4	germinación	Baja temperatura (>12°C)	Agua, luz y aire
5	germinación	Luz	Agua, temperatura ambiente (20°C) y aire
6	germinación	No luz	Agua, temperatura ambiente (20°C) y aire

Tabla 6. Combinaciones de variables para la elaboración de los dispositivos de germinación en la 1ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

Cabe mencionar que aquellos dispositivos de germinación que necesitaban bajas temperaturas se localizaron fuera del aula mientras que aquellos que requerían oscuridad se introdujeron en el armario del aula.

Parte final: posteriormente, los estudiantes serán organizados en grupos heterogéneos con el fin de que comiencen a trabajar sobre las hipótesis y los

dispositivos (figura 7). Respecto a las hipótesis, se comprobarán los conocimientos que tienen los estudiantes sobre estas, preguntándoles acerca de su significado. Acto seguido, se pondrá un ejemplo de hipótesis bien formulada (figura 6) y se pedirá de manera aleatoria que algunos estudiantes inventen hipótesis acerca de las plantas. Después, cada grupo comenzará su trabajo bajo la supervisión del docente.



Si on arrose une plante deux fois plus,
elle poussera deux fois plus.

Figura 6. Ejemplo de hipótesis bien formulada⁶ para la 1ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.



Figura 7. Estudiantes preparando los dispositivos de germinación en la 1ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

Al terminar esta sesión se espera haber despertado en los estudiantes una gran motivación por la propuesta. De hecho, la participación activa es una gran potenciadora de su curiosidad y permite que se genere en el aula un buen clima, promovido, en parte por el trabajo colaborativo iniciado.

⁶Si riegas una planta con el doble de agua, crecerá el doble.

2ª sesión: **OBSERVAMOS QUE...**

La segunda sesión se desarrollará en el aula de referencia y en ella participarán 28 estudiantes. En esta ocasión, comenzará la observación de la evolución de las semillas a través de la recogida de datos. Por ello, la sesión tendrá una duración de 60 minutos en los que los estudiantes estimarán, recogerán datos y comunicarán la información obtenida. En esta sesión participan fundamentalmente las disciplinas correspondientes con conocimiento del medio natural y matemáticas.

Objetivos didácticos:

- ✓ Realizar observaciones de las semillas, recogiendo datos cuantitativos y cualitativos.
- ✓ Estimar la medida de las plantas.
- ✓ Utilizar correctamente la regla para medir el crecimiento de las plantas.

Saberes básicos:

SABERES BÁSICOS	DISCIPLINAS
<p>CULTURA CIENTÍFICA Iniciación a la cultura científica Uso de instrumentos y dispositivos para realizar observaciones relacionadas con la germinación.</p> <p>SOCIEDADES Y TERRITORIOS Conciencia ecosocial Cuidado hacia las plantas</p>	
<p>SENTIDO NUMÉRICO Cantidad Estimaciones de medidas.</p> <p>SENTIDO DE LA MEDIDA Medición Medición con instrumentos convencionales.</p>	 
<p>SOCIEDADES Y TERRITORIOS Alfabetización cívica Participación activa en el equipo de trabajo.</p>	

Tabla 7. Saberes básicos de la 2ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

Metodología: Aprendizaje por descubrimiento guiado y trabajo colaborativo.

Evaluación: Observación de los estudiantes y de la ficha de recogida de datos. Evaluación a través de la *checklist* de la segunda sesión (tabla 8).

COMPETENCIA CLAVE	COMPETENCIAS ESPECÍFICAS	INDICADOR	SÍ	NO	OBSERVACIONES
Competencia STEM	Hacer uso de los recursos necesarios para dar respuesta a cuestiones científicas.	Registra correctamente las observaciones realizadas.			
	Explicar hechos desde un pensamiento científico.	Comunicar de forma adecuada los cambios observados.			
	Desarrollar procedimientos matemáticos.	Realiza la medición de manera satisfactoria.			
	Desarrollar destrezas sociales en equipos de trabajo.	Participa activamente en el equipo de trabajo.			

Tabla 8. Checklist de evaluación de la competencia STEM de la 2ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*

Materiales: regla, dispositivos con las semillas (figura 8), botes con agua y ficha de recogida de datos (figura 9).



Figura 8. Algunos dispositivos de germinación utilizados en la propuesta *Sembrar para investigar*.

Date						
Nº. de pot						
Taille (mm)						
Observations						
Dessin						

Figura 9. Ficha de recogida de datos para la 2ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

DESCRIPCIÓN DE LA SESIÓN:

Introducción: a los cinco días de haber comenzado la experiencia de germinación, tendrá lugar una primera observación de las semillas. Para ello, los estudiantes tendrán que integrar distintas disciplinas STEM con el fin de recoger información acerca de los cambios, tanto cualitativos como cuantitativos, que se hayan producido. Al comienzo de la sesión es interesante proponer a los estudiantes estimar la medida de los brotes, en el caso de que estos hayan comenzado a crecer. Así, primero se planteará a los estudiantes la pregunta: **¿Cuánto creéis que miden los brotes?** Una vez hayan realizado sus estimaciones, es importante pedirles que comprueben la medida real. En este contexto, resulta de interés preguntarles acerca de sus estimaciones, con el fin de conocer lo mucho o lo poco que se acercan a la medida real, así como las estrategias que utilizan para realizarlas.

Parte principal: tras haber realizado las estimaciones, los estudiantes anotarán la medida real en la ficha de recogida de datos y recogerán todas las observaciones cualitativas relativas al color, la forma y la apariencia de cada una de las semillas a través de un dibujo y de anotaciones (figuras 10 y 11).



Figura 10. Estudiantes recogiendo datos en la 2ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

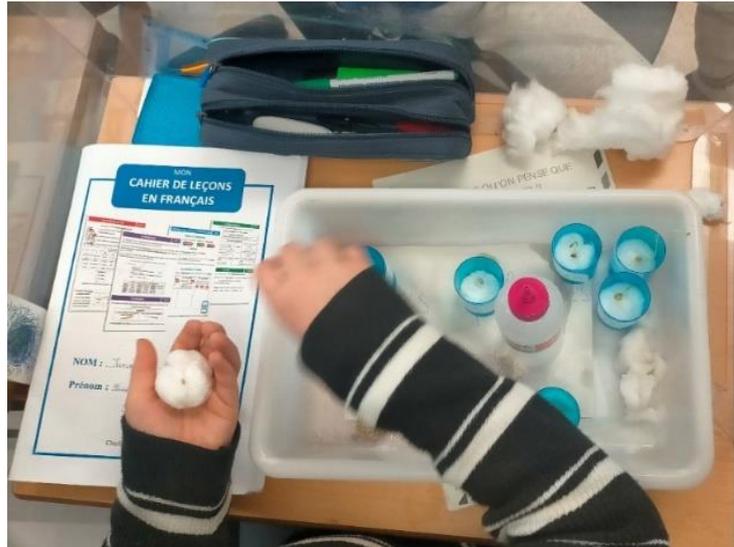


Figura 11. Estudiante trabajando sobre los dispositivos de germinación en la 2ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

Parte final: acto seguido, resulta interesante que haya un momento de intercambio en el que cada uno de los grupos comparta la evolución de sus semillas. Así, se les podrá plantear preguntas tales como «**¿Qué habéis observado?**»; «**¿Hay algo que os haya sorprendido?**» Gracias a esta dinámica, los estudiantes percibirán que no todas las semillas comparten el mismo ritmo de crecimiento. Este hecho nos va a permitir tener en cuenta las diferencias a la vez que se realizan generalizaciones, encontrando aquellos aspectos en común entre las distintas semillas, tales como la hidratación que se produce al contacto con el agua o la elevada velocidad de germinación de las semillas que están a oscuras. Asimismo, cabe destacar que al finalizar la sesión hay que recordar a los estudiantes regar todas aquellas semillas que requieran agua con el fin de que el experimento se desarrolle adecuadamente.

3ª sesión: SEGUIMOS OBSERVANDO...

La tercera sesión se desarrollará en el aula de referencia y en ella participarán 28 estudiantes. Esta sesión es muy similar a la segunda, pues los estudiantes continuarán recogiendo datos acerca del crecimiento de las plantas, si bien se comienza a plasmar la información en un gráfico de puntos. Por ello, la sesión tendrá una duración de 60 minutos en los que los estudiantes estimarán, recogerán datos y los registrarán, además de llevar a cabo una posterior puesta en común acerca de las condiciones de vida de las plantas. Por lo tanto, en esta sesión participan fundamentalmente las disciplinas correspondientes con conocimiento del medio natural y matemáticas.

Objetivos didácticos:

- ✓ Realizar observaciones de las semillas, recogiendo datos cuantitativos y cualitativos.
- ✓ Utilizar correctamente la regla para medir el crecimiento de las plantas.
- ✓ Estimar la medida.
- ✓ Elaborar gráfico de puntos.
- ✓ Identificar las condiciones de vida de las plantas.

Saberes básicos:

SABERES BÁSICOS	DISCIPLINAS
<p>CULTURA CIENTÍFICA Iniciación a la cultura científica Uso de instrumentos y dispositivos para realizar observaciones relacionadas con la germinación.</p> <p>La vida en nuestro planeta Identificación de las condiciones de vida de las plantas.</p>	
<p>SOCIEDADES Y TERRITORIOS Conciencia ecosocial Cuidado hacia las plantas.</p>	
<p>SENTIDO NUMÉRICO Cantidad Estimaciones de medidas.</p> <p>SENTIDO DE LA MEDIDA Medición Medición con instrumentos convencionales.</p> <p>SENTIDO ALGEBRAICO Modelo matemático Uso de gráficos de puntos.</p>	
<p>SOCIEDADES Y TERRITORIOS Alfabetización cívica Participación activa en el equipo de trabajo.</p>	

Tabla 9. Saberes básicos de la 3ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

Metodología: aprendizaje por descubrimiento guiado y trabajo colaborativo.

Evaluación: observación de los estudiantes así como de las fichas de recogida de datos y el gráfico de puntos. Evaluación a través de la *checklist* de la tercera sesión (tabla 10).

COMPETENCIA CLAVE	COMPETENCIAS ESPECÍFICAS	INDICADOR	SÍ	NO	OBSERVACIONES
Competencia STEM	Hacer uso de los recursos necesarios para dar respuesta a cuestiones científicas.	Registra correctamente las observaciones realizadas.			
	Representar resultados matemáticos gráficamente.	Elaboración adecuada del gráfico de puntos.			
	Desarrollar procedimientos matemáticos.	Realiza la medición de manera satisfactoria.			
	Interpretar y explicar hechos científicos.	Es capaz de interpretar los datos obtenidos, relacionándolos con las condiciones de vida de las plantas.			
	Desarrollar destrezas sociales, participando activamente en equipos de trabajo.	Participa de manera activa en el equipo de trabajo.			

Tabla 10. Checklist de evaluación de la competencia STEM de la 3ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

Materiales: regla, una nueva ficha de recogida de datos e idéntica a la utilizada en la 2ª sesión (figura 9), gráfico de puntos (figura 12), dispositivos con la semillas y botes con agua.

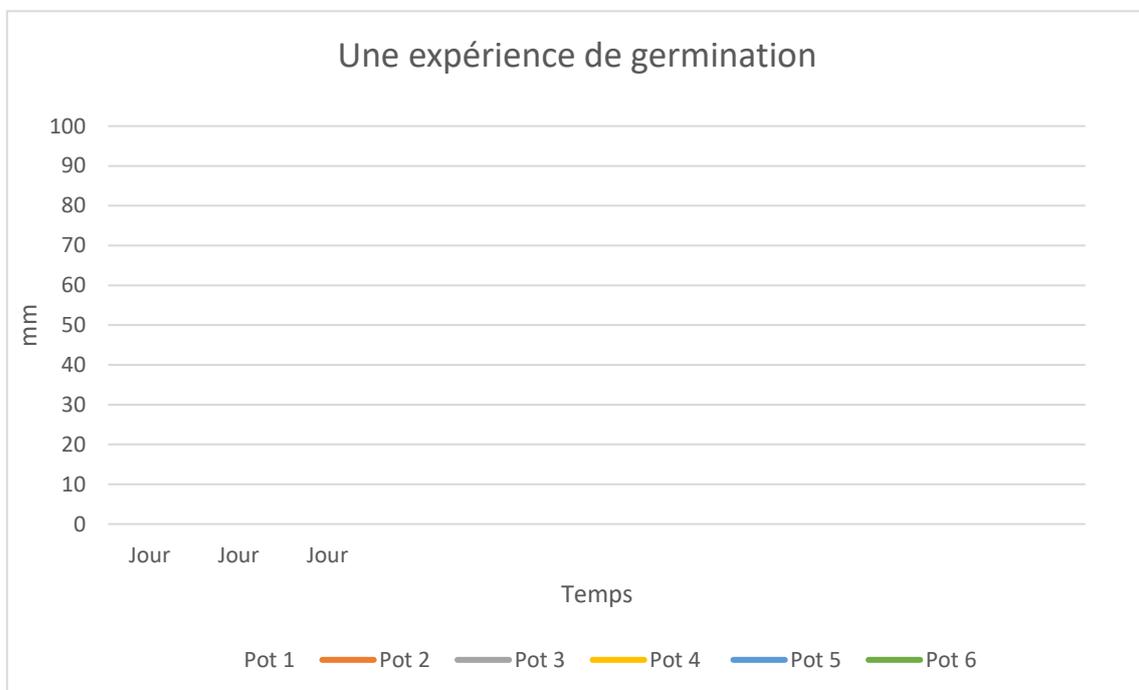


Figura 12. Gráfico de puntos utilizado en la 3ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

DESCRIPCIÓN DE LA SESIÓN:

Introducción: cuatro días más tarde tendrá lugar una segunda observación. Esta tiene muchos puntos en común con la primera dado que cada grupo recogerá las observaciones cualitativas que perciba y anotará el tamaño de cada una de las plantas (figura 13). De nuevo, es interesante proponer a los estudiantes que estimen el tamaño para después comprobar su tamaño real y comprobar de nuevo, su desempeño en la estimación.

Parte principal: tras esta dinámica, los estudiantes recogerán de nuevo datos cuantitativos y cualitativos de las semillas y comenzarán a plasmar aquellos cuantitativos en el gráfico de puntos con la intención de ir observando la evolución de las semillas. Así, los estudiantes representarán en el gráfico la medida que tenían la semana pasada, en caso de haber brotado, y la de la semana actual (figuras 14 y 15)

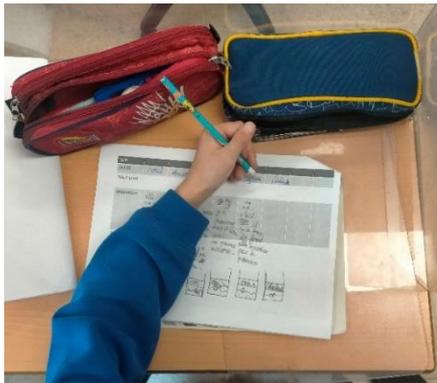


Figura 13. 2ª Recogida de datos de los dispositivos de germinación en la 3ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

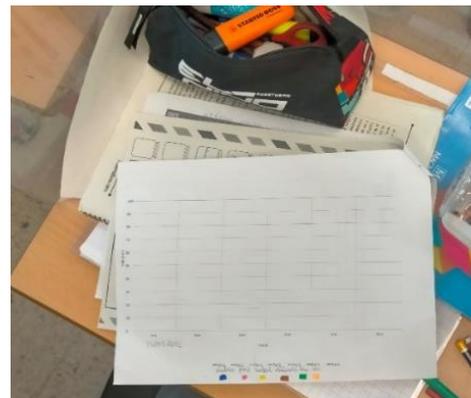


Figura 14. Estudiante a punto de comenzar el gráfico de puntos en la 3ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.



Figura 15. Estudiantes trabajando sobre el gráfico de puntos en la 3ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

Una vez terminada esta actividad, es conveniente que cada uno de los grupos presente al grupo-clase la evolución de la semilla. Así, se podrán identificar las

semillas con un crecimiento más rápido y aquellas que necesitan más tiempo para hacerlo. Así, se pueden plantear a los estudiantes las siguientes cuestiones:

- ¿Qué diferencias encontráis entre vuestras semillas?
- ¿Qué similitudes?
- ¿Cuál es la que más rápido está creciendo? ¿Y menos?

Parte final: por último, resulta interesante realizar comparaciones entre las hipótesis que se plantearon, iniciando un diálogo sobre lo que pensábamos que iba a ocurrir y lo que realmente está ocurriendo. Para ello, es conveniente recuperar las hipótesis planteadas en la primera sesión y enlazarlas con la evolución de las semillas que han observado. En este contexto, es interesante preguntar a los estudiantes «**¿Todas las semillas que pensabais que iban a germinar lo están haciendo? ¿Hay alguna que no ha germinado y creíais que sí lo iba a hacer?**». Esta actividad permitirá iniciarse en la identificación de las condiciones de vida de las plantas dado que dan pie a comentar aquellos aspectos que hacen que una planta crezca. Asimismo, a través de las preguntas los estudiantes se encaminan hacia la posterior formulación de conclusiones que tendrá lugar en la próxima sesión del proyecto. Asimismo, cabe destacar que al finalizar la sesión hay que recordar a los estudiantes regar todas aquellas semillas que requieran agua con el fin de que el experimento se desarrolle adecuadamente.

4ª sesión: A CADA PROBLEMA, UNA (O VARIAS) SOLUCIONES

La cuarta sesión de la propuesta *Sembrar para investigar* permite concluir la fase de recogida e interpretación de datos. Así, en esta sesión, los estudiantes podrán enunciar las condiciones de vida de las plantas observadas. De nuevo, la sesión se desarrollará en el aula de referencia y en ella participarán 28 estudiantes. Asimismo, tendrá una duración de 60 minutos en la que los estudiantes realizarán una última observación con el fin de formular conclusiones. Además, cabe destacar que en esta sesión se introduce la tecnología, evidenciando la relación que tiene esta con la ciencia y en especial, con el mundo de las plantas. Además, se introduce la temática de los invernaderos, lo que vertebrará la última de las sesiones. Por lo tanto, en esta sesión participan fundamentalmente las disciplinas correspondientes con conocimiento del medio natural, matemáticas y tecnología.

Objetivos didácticos:

- ✓ Realizar observaciones de las semillas, recogiendo datos cuantitativos y cualitativos.
- ✓ Utilizar correctamente la regla para medir el crecimiento de las plantas.
- ✓ Estimar la medida.
- ✓ Formular correctamente conclusiones.
- ✓ Identificar las condiciones de vida de las plantas.

Saberes básicos:

SABERES BÁSICOS	DISCIPLINAS
CULTURA CIENTÍFICA La vida en nuestro planeta Identificación de las condiciones de vida de las plantas.	
CULTURA CIENTÍFICA Iniciación a la cultura científica Uso de instrumentos y dispositivos para realizar observaciones relacionadas con la germinación. Formulación de conclusiones de la investigación.	
CULTURA CIENTÍFICA Iniciación a la cultura científica Avances relacionados con la ciencia y la tecnología en las sociedades.	
SENTIDO NUMÉRICO: Cantidad Estimaciones de medidas. SENTIDO DE LA MEDIDA Medición Medición con instrumentos convencionales. SENTIDO ALGEBRAICO Modelo matemático Uso de gráficos de puntos.	
SOCIEDADES Y TERRITORIOS Alfabetización cívica Respeto hacia todos los integrantes.	

Tabla 11. Saberes básicos de la 4ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

Metodología: Aprendizaje por descubrimiento, Aprendizaje basado en problemas y Design Thinking.

Evaluación: Observación de los estudiantes y de los documentos del proyecto
 Evaluación a través de la *checklist* de la cuarta sesión (tabla 12).

COMPETENCIA CLAVE	COMPETENCIAS ESPECÍFICAS	INDICADOR	SÍ	NO	OBSERVACIONES
Competencia STEM	Hacer uso de los recursos necesarios para dar respuesta a cuestiones científicas.	Registra correctamente las observaciones realizadas.			
	Representar resultados matemáticos gráficamente.	Elaboración adecuada del gráfico de puntos.			
	Desarrollar procedimientos matemáticos.	Realiza la medición de manera satisfactoria.			
	Interpretar y explicar hechos científicos.	Formula correctamente las conclusiones.			
	Identificar el efecto de la intervención humana sobre el entorno.	Reconoce el papel de la tecnología en el cuidado al medio ambiente.			
	Desarrollar destrezas sociales, mostrando un comportamiento respetuoso.	Escucha y respeta a los demás integrantes de los grupos.			

Tabla 12. Checklist de evaluación de la competencia STEM de la 4ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

Materiales: regla, dispositivos con las semillas, y botes con agua. Se necesita una nueva ficha de recogida de datos e idéntica a la utilizada en la 2ª y 3ª sesión, (figura 9), gráfico de puntos comenzado en la 3ª sesión (figura 12) y ficha de conclusiones (figura 16).

LES CONCLUSIONS

Qu'est-ce qu'on a découvert ?

Alors, quelles sont les conditions de vie des plantes ?

① ② ③

Figura 16. Ficha de conclusiones utilizada en la 4ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

DESCRIPCIÓN DE LA SESIÓN:

Introducción: cuatro días más tarde tendrá lugar una tercera y última observación. Esta tiene muchos puntos en común con la anterior dado que cada grupo pondrá en común las observaciones cualitativas que observe y anotará el tamaño de cada una de las plantas. De nuevo, es conveniente proponer a los estudiantes que estimen el tamaño para después comprobar su tamaño real. En este aspecto es interesante observar la evolución de las estimaciones y preguntarles a los estudiantes acerca de su desempeño en la tarea, observando cómo cada vez se van adquiriendo habilidades para estimar y por ello, el error que cometen es menor.

Parte principal: acto seguido, los estudiantes volverán a recoger datos cualitativos y cuantitativos y plasmarán estos últimos en el gráfico de puntos con la finalidad de observar el crecimiento de las semillas. Posteriormente, se pedirá a los estudiantes que compartan en los pequeños grupos los datos que han recogido a lo largo de las tres observaciones y que escriban las conclusiones a las que llegan, anotando en cada caso lo que ha ocurrido en los distintos dispositivos de germinación (figura 17). Por último, cada grupo compartirá sus conclusiones en el grupo-clase. De esta manera, el docente anotará las informaciones de los distintos grupos de estudiantes con el fin de realizar una generalización final, común a todas las semillas. Esta actividad permitirá identificar las condiciones de vida de las plantas.



Figura 17. Formulación de conclusiones en la 4ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

Parte final: tras haber concluido esta primera parte de la sesión, se procederá a introducir la temática de los invernaderos. Para ello, se expondrá una situación problemática cuya respuesta está relacionada con la construcción de un invernadero (figura 18). Acto seguido, se dejará a los estudiantes por grupos pensar en una posible respuesta con el fin de que, pasados unos minutos, se inicie un debate en el aula acerca de las soluciones pensadas. El docente anotará en la pizarra todas las ideas que surjan, dirigiendo el dialogo hacia la posterior construcción de invernaderos, desarrollada en la próxima sesión.

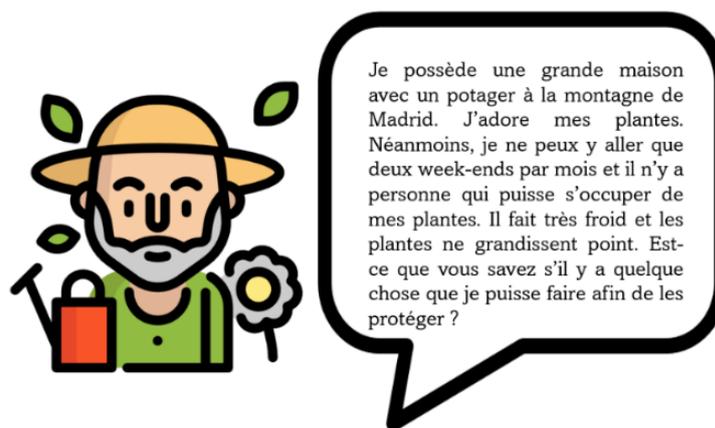


Figura 18. Presentación de la problemática de los invernaderos⁷ en la 4ª sesión de la propuesta Sembrar para investigar

Con el fin de introducir de una manera coherente la tecnología en el proyecto, se proyectará un [video](#) (CMF Groupe, 2021) que muestra como la tecnología incrementa la productividad en los invernaderos, alcanzando el objetivo relacionado con la valoración de la tecnología como herramienta de mejora en la agricultura. Asimismo, el vídeo pone de manifiesto la importancia del medio ambiente y el papel que tiene la tecnología en el mismo. Tras la visualización, se plantarán a los estudiantes las siguientes cuestiones:

⁷Tengo una casa grande con un huerto en la sierra de Madrid. Me encantan mis plantas. Sin embargo, solo puedo ir dos veces al mes y no hay nadie que se pueda ocupar de las plantas. Hace mucho frio y no crecen nada. ¿Sabéis si hay algo que podamos hacer para protegerlas? (Traducción propia).

- ¿Cuáles son las ideas principales del vídeo?
- ¿Qué otros ejemplos encontramos en el día a día en los que la tecnología ayuda a cuidar el medio ambiente?

Una vez los estudiantes hayan respondido en grupo a ambas cuestiones, se compartirán las respuestas de los grupos. A través de la última pregunta se pone en relación lo realizado a lo largo de las sesiones anteriores con la disciplina de la tecnología. De hecho, fruto de esta conversación en el aula, es posible que surjan otras ideas, en conexión con los intereses y conocimientos previos de los estudiantes, que den cabida, quizás en otro momento, a otra propuesta STEM. Asimismo, cabe destacar que al finalizar la sesión hay que recordar a los estudiantes regar todas aquellas semillas que requieran agua con el fin de que el experimento se desarrolle adecuadamente.

5ª sesión: EN CONSTRUCCIÓN

La realización de esta sesión permite finalizar la propuesta educativa. De hecho, a través de la elaboración de los invernaderos se pueden integrar todas las disciplinas trabajadas hasta el momento junto con la ingeniería, dotando de gran sentido al proyecto de diseño. De esta manera, en esta sesión, cuya duración asciende hasta los 90 minutos, siendo la participación de veintiocho estudiantes, se diseñará y elaborará el invernadero, atendiendo a las condiciones de vida de las plantas estudiadas.

Objetivos didácticos:

- ✓ Diseñar un invernadero teniendo en cuenta las condiciones de vida de las plantas.
- ✓ Identificación de las condiciones de vida de las plantas.
- ✓ Construcción del invernadero.

Saberes básicos:

SABERES BÁSICOS	DISCIPLINAS
<p>CULTURA CIENTÍFICA La vida en nuestro planeta Identificación de las condiciones de vida de las plantas.</p>	
<p>TECNOLOGÍA Y DIGITALIZACIÓN Proyectos de diseño y pensamiento computacional Elaboración de un modelo de invernadero: diseño, prueba y comunicación.</p>	
<p>SENTIDO DE LA MEDIDA Medición Medición con instrumentos convencionales. SENTIDO ESPACIAL Figuras geométricas de tres dimensiones Construcción de un invernadero en tres dimensiones. SENTIDO ALGEBRAICO Modelo matemático Proceso guiado de modelización de un invernadero.</p>	
<p>SOCIEDADES Y TERRITORIOS Alfabetización cívica Respeto hacia todos los integrantes. Participación activa en el equipo de trabajo.</p>	

Tabla 13. Saberes básicos de la 5ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

Metodología: *Design Thinking* y Trabajo colaborativo.

Evaluación: observación de los estudiantes y de la ficha de diseño del invernadero. Evaluación a través de la *checklist* de la quinta sesión (tabla 14).

Tabla 14. Checklist de evaluación de la competencia STEM de la 5ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

COMPETENCIA CLAVE	COMPETENCIAS ESPECÍFICAS	INDICADOR	SÍ	NO	OBSERVACIONES
Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería	Dar respuesta a problemas cotidianos a través de proyectos de diseño.	Diseña coherentemente el invernadero.			
		Elabora de manera adecuada el modelo de invernadero.			
	Desarrollar procedimientos matemáticos.	Realiza la medición de manera satisfactoria.			
	Explicar fenómenos y hechos del mundo natural.	Identifica correctamente las condiciones de vida de las plantas.			
		Conoce las utilidades de los invernaderos.			
	Desarrollar destrezas sociales, participando activamente en equipos de trabajo.	Participa de manera adecuada en el equipo			

Materiales: pajitas, base de cartón, bolsa de plástico transparente, pistola de pegamento (figura 19) y ficha de diseño de invernadero (figura 20).



Figura 19. Materiales utilizados para la construcción de los invernaderos en la 5ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.



Notre serre

Pensez à votre serre. Dessinez comment vous voulez qu'elle soit et pensez aux éléments nécessaires compte tenu les conditions de vie des plantes découvertes.

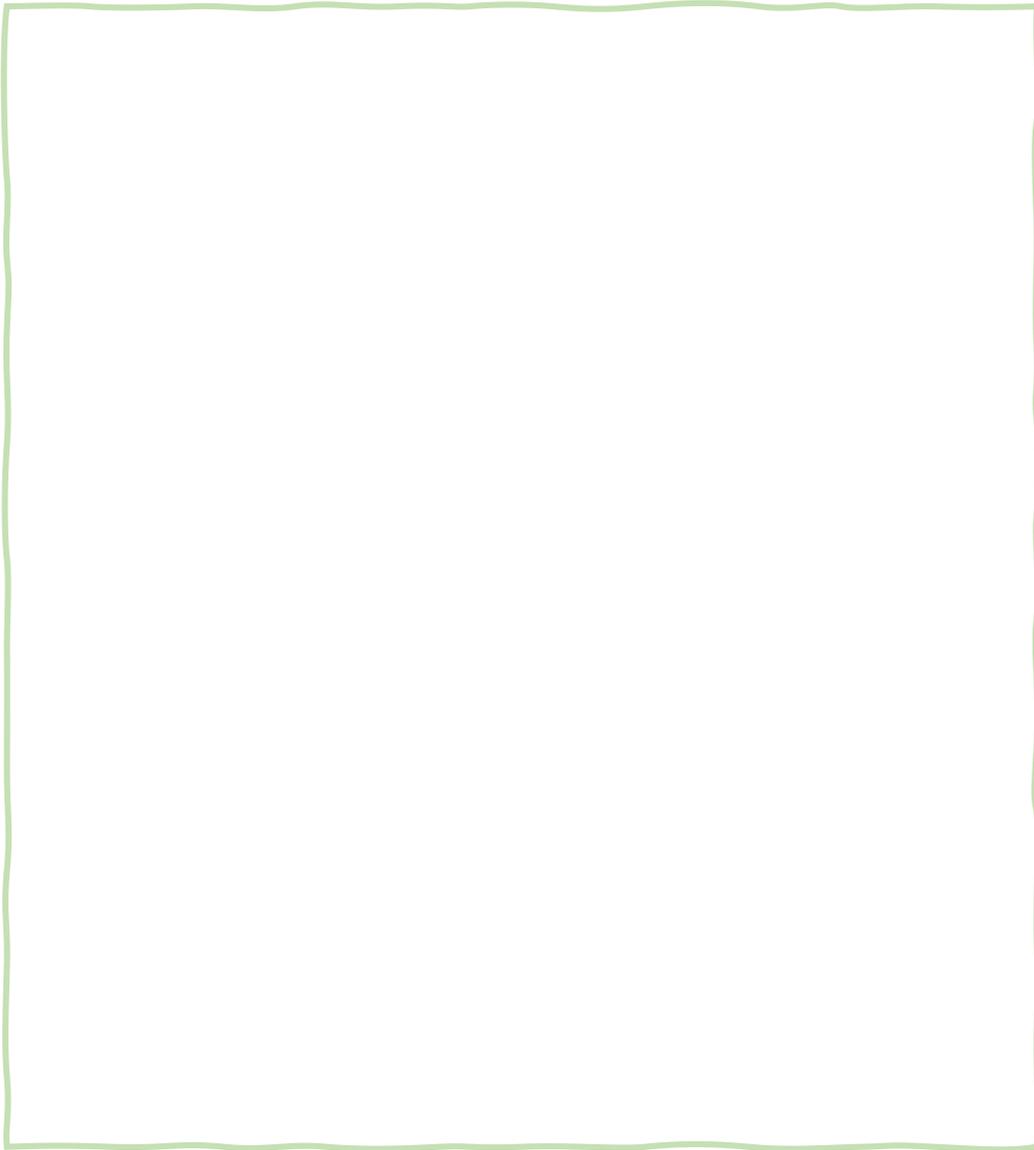


Figura 20. Ficha de diseño de invernadero utilizada en la 5ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

DESCRIPCIÓN DE LA SESIÓN:

Introducción: en esta sesión, se retomará lo trabajado en la sesión anterior y se explicará a los estudiantes lo que se espera de ellos en la construcción del invernadero. De esta manera, se recordará el problema planteado en la sesión previa, así como las condiciones de vida de las plantas extraíbles de las conclusiones elaboradas. Cabe destacar que es necesario incidir sobre la utilidad de los invernaderos con el fin de que los estudiantes sean conscientes de la razón que los lleva a construirlo. Para ello, se preguntará a los estudiantes sobre **el porqué de los invernaderos** con la intención de elaborar una lista sobre aquellas razones que apoyan su construcción.

Parte principal: después, se mostrarán a los estudiantes modelos de invernaderos con la finalidad de que elaboren el modelo que consideren oportuno, siempre atendiendo a las condiciones de vida que necesitan las plantas. A pesar de proponer un modelo, es necesario recalcar que cada grupo de estudiantes puede decidir qué forma dar a dicho invernadero, pudiendo cortar las pajitas para la construcción de la estructura. De esta manera, primeramente realizarán un boceto del invernadero (figura 21) en el que anotarán los materiales utilizados, las dimensiones del invernadero, así como su disposición en el espacio, para después, construirlo con ayuda del docente (figuras 22 y 23), quien será el responsable de la pistola de pegamento. Acto seguido, los estudiantes introducirán las semillas en el invernadero (figuras 24 y 25).

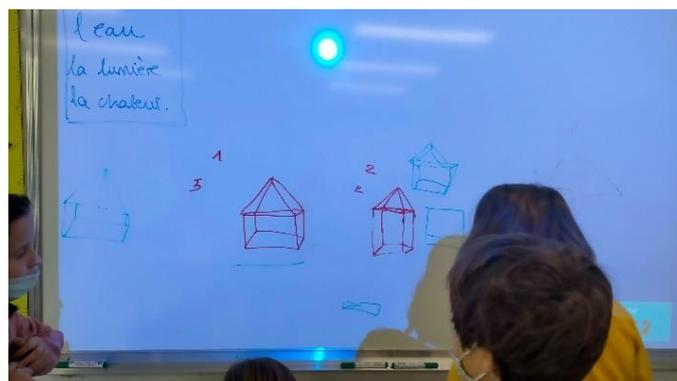


Figura 21. Estudiantes diseñando el invernadero en la 5ª sesión de la propuesta Sembrar para investigar.



Figura 22. Estudiantes construyendo el invernadero en la 5ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.



Figura 23. Estudiantes construyendo el invernadero en la 5ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.



Figura 24. Invernadero realizado por uno de los grupos de estudiantes en la 5ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.



Figura 25. Invernaderos realizados por los estudiantes en la 5ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*

Final de la sesión: tras la construcción del invernadero, los estudiantes lo presentarán en el gran grupo, explicando el proceso creativo que vivieron durante la construcción del invernadero y respondiendo a las siguientes cuestiones:

- ¿Por qué hemos elegido esta estructura para el invernadero?
- ¿Qué hemos aprendido que antes no sabíamos?
- ¿Todas las semillas han germinado?
- ¿Qué creemos que va a pasar si metemos las semillas dentro del invernadero y sacamos los invernaderos a la calle?

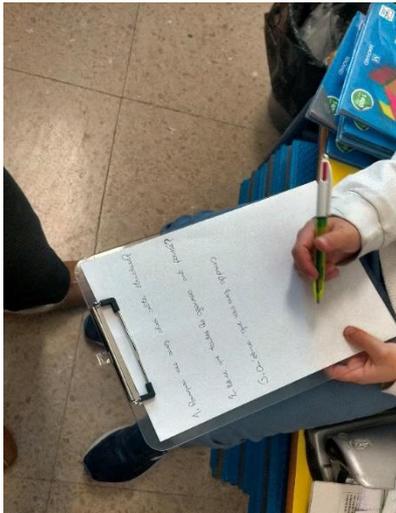


Figura 26. Estudiantes respondiendo a las preguntas finales en la 5ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

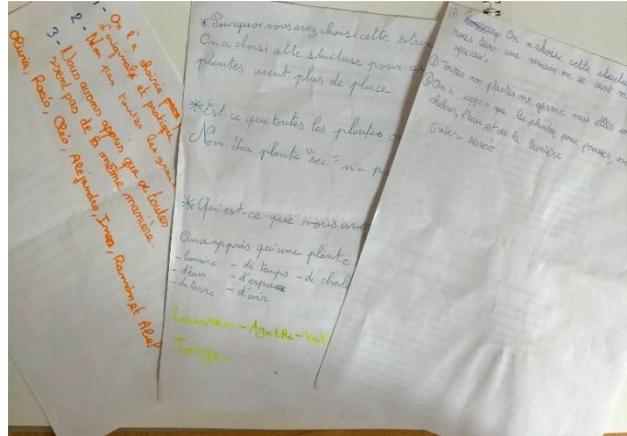


Figura 27: Respuestas de los estudiantes a las preguntas finales de la 5ª sesión de la propuesta *Sembrar para investigar*.

La formulación de la última cuestión permitió que los estudiantes sacaran al alféizar de la ventana y pudieran comprobar, pasados varios días, cómo las semillas que habían estado expuestas al frío comenzaban a germinar.

3.7 CRONOGRAMA DE APLICACIÓN

Las figuras 28 y 29 recogen el cronograma de aplicación de la propuesta de innovación educativa *Sembrar para investigar*, desarrollada durante los meses de enero y febrero. Así, como se puede observar, las dos primeras sesiones ocuparon dos semanas, mientras que las tres restantes se realizaron en una semana. El cronograma puede ser modificado sin que cause ningún perjuicio sobre la propuesta educativa, si bien es recomendable espaciar las dos primeras sesiones para permitir que las semillas germinen. Asimismo, es conveniente realizar las dos últimas sesiones en días consecutivos, o muy próximos en el tiempo, con la intención de aportar continuidad a la tarea de construcción de los invernaderos.

◀ Diciembre		Enero 2022					Febrero ▶
Do.	Lu.	Ma.	Mi.	Ju.	Vi.	Sá.	
23	24	25 1º sesión: PENSAMOS QUE...	26	27	28	8	
30	31						

Figura 28. Cronograma de la propuesta *Sembrar para investigar* correspondiente con el mes de enero.

◀ Enero		Febrero 2022					Marzo ▶
Do.	Lu.	Ma.	Mi.	Ju.	Vi.	Sá.	
		1	2	3 2º sesión: OBSERVAMOS QUE...	4	5	
6	7 3º sesión: SEGUIMOS OBSERVANDO...	8	9	10 4º sesión: A CADA PROBLEMA, UNA (O VARIAS) SOLUCIONES	11 5º sesión: EN CONSTRUCCIÓN	12	

Figura 29. Cronograma de la propuesta *Sembrar para investigar* correspondiente con el mes de febrero.

3.8 EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA STEM

Una vez realizada la propuesta de innovación educativa es esencial analizar si se han cumplido los principios STEM y las características inherentes a este tipo de educación. Para ello, se van a tomar como referencia los principios de la educación STEM (Advanced CTE et al.,2018), mencionados en apartado 3.2 del marco teórico dedicado a las características de la educación STEM.

En primer lugar, teniendo en cuenta el **principio relativo a la conexión entre las distintas disciplinas**, la propuesta *Sembrar para investigar* permite establecer puentes de unión entre la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas de una manera justificada y coherente. En efecto, a través de la recogida de datos de la evolución de las plantas que se produce en la mayoría de sesiones ([1ª](#), [2ª](#), [3ª](#) y [4ª](#)) se produce un intercambio entre las ciencias y las matemáticas enfatizando la interdependencia que existe entre ellas. Asimismo, la cuarta sesión del proyecto permite incluir la tecnología, lo que, evidencia la relación existente entre las disciplinas trabajadas en sesiones anteriores (ciencia y matemáticas) y la tecnología. Además, la construcción de los invernaderos desarrollada en la quinta sesión permite comprobar, como si de una metáfora se tratase, la gran interdependencia existente entre todas las disciplinas STEM, dando la posibilidad de aunar los esfuerzos, utilizando el saber hacer de cada una de las disciplinas para elaborar un dispositivo común entre todas ellas. Por ello, la interdisciplinariedad, característica inherente de STEM, queda asegurada a través de la propuesta de innovación educativa, lo que se manifiesta en las *checklists* elaboradas para evaluar los contenidos STEM.

En segundo lugar, la propuesta de innovación educativa *Sembrar para investigar* **trabaja sobre cada una de las disciplinas**, esclareciendo sus singularidades y ofreciendo la oportunidad a los estudiantes de conocer y trabajar los saberes desde su ámbito de aplicación. Esto se materializa en la prevalencia existente de una disciplina concreta en cada una de las actividades propuestas. Así, en el gráfico de puntos las matemáticas son las protagonistas mientras que en la observación cualitativa de las semillas, la disciplina clave es la ciencia. Algo similar ocurre con la construcción de los invernaderos, actividad en la que si bien todas las disciplinas STEM participan, la ingeniería se encuentra en el centro. En

definitiva, la propuesta educativa *Sembrar para investigar* fomenta que cada uno de los saberes aporte información relevante desde su campo específico de conocimiento.

En tercer lugar, atendiendo al último principio de la educación STEM, esta debe **brindar la oportunidad a los estudiantes de cultivar sus vocaciones científicas**, enfocando su aprendizaje hacia las conocidas profesiones STEM y favoreciendo que desarrollen gusto por ellas. A lo largo de la propuesta, si bien no se ha hecho especial alusión a este aspecto, sí que se ha optado por intentar mejorar las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes, llegando incluso a medir el efecto que ha tenido esta sobre las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes a través de la investigación educativa [ApoSTEMos por el talento](#).

3.9 EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES

Dado que la propuesta de innovación educativa se ha implementado con un grupo de estudiantes, la evaluación de sus aprendizajes ha sido posible. Así, a lo largo del desarrollo de las actividades de la propuesta de intervención, se han realizado actividades de evaluación, siendo consideradas estas últimas como actividades de aprendizaje. De hecho, de acuerdo con Morales (2009) la evaluación ha dejado de ser una mera comprobación de lo aprendido para convertirse en una situación de aprendizaje. Esto implica inevitablemente reflexionar sobre los factores que intervienen en el proceso de enseñanza y aprendizaje con el fin de tomar decisiones que permitan alcanzar los objetivos propuestos. De esta manera, se han utilizado diversos métodos de evaluación, lo que permite hablar, por un lado, de la heteroevaluación y por otro, de la coevaluación.

3.9.1 Heteroevaluación

A lo largo de la propuesta de intervención, los estudiantes recibirán feed-back acerca de su desempeño con el fin de que el docente pueda valorar el aprendizaje de sus estudiantes y dar la oportunidad a los estudiantes de mejorar durante el proyecto. De esta manera, el docente realizará un control diario sobre el desempeño de los estudiantes en los distintos grupos, comunicándoles los

aspectos positivos y de mejora. Así, el docente evaluará el trabajo en grupo y las habilidades STEM trabajadas en el proyecto a partir de diversos métodos que se detallan a continuación

- **Registro de observación:** El docente hará uso de un cuaderno de observación con el fin de realizar anotaciones relativas al trabajo en grupo de los estudiantes, recabando información acerca de su actitud y desempeño global en el proyecto. En este caso, se ha utilizado el código de evaluación utilizado por la tutora de los estudiantes, correspondiente con una escala del uno al tres, de acuerdo con el desempeño de los estudiantes, siendo uno la nota más baja y tres, la más alta.
- **Rúbrica para evaluar el trabajo en grupo:** Se ha elaborado una rúbrica (tabla 10) para evaluar el trabajo en grupo de cada uno de los integrantes de los grupos incluyendo las dimensiones relativas a la actitud, el uso de los materiales, la organización del trabajo y la responsabilidad. La razón de la inclusión de estas dimensiones recae en la percepción del trabajo en grupo como suma de estos elementos y la importancia que tienen para que la propuesta se desarrolle con éxito. Asimismo, se han incluido los indicadores relativos a excelente, adecuado, mejorable e inadecuado acompañados de una descripción, todo con la intención de establecer una progresión del desempeño, favoreciendo que la evaluación sea justa y coherente.

Propuesta de innovación STEM e investigación aplicada sobre las actitudes ante la ciencia
Propuesta de innovación educativa

DIMENSIONES	INDICADORES			
	EXCELENTE	ADECUADO	MEJORABLE	INADECUADO
Actitud de trabajo	El estudiante muestra una actitud respetuosa ante el trabajo y sus compañeros. Muestra interés por mejorar y por realizar el trabajo de la mejor manera posible	El estudiante muestra una actitud respetuosa ante el trabajo y sus compañeros.	El estudiante podría mostrar una actitud más favorable ante la realización del trabajo y sus compañeros. No se esfuerza para que el desempeño mejore.	El estudiante muestra una actitud irrespetuosa ante el trabajo realizado y sus compañeros.
Uso de materiales	El estudiante hace un uso medido y adecuado de los materiales, mostrando intenciones de cuidado y mantenimiento de los mismos.	El estudiante hace un uso adecuado de los materiales.	El estudiante intercala momentos de cuidado del material con otros en los que tiende a desperdiciar y/o a dañar algunos de los materiales	El estudiante no cuida los materiales ni se esfuerza por mantenerlos en un estado adecuado.
Organización del trabajo	El estudiante se involucra muy activamente en el trabajo, mostrando una buena organización de equipo.	El estudiante organiza adecuadamente su trabajo, aunque se perciben algunos fallos.	El estudiante trabaja sin organizarse y sin contar con el equipo del que forma parte	El estudiante no es responsable de su trabajo
Responsabilidad	El estudiante es responsable de su trabajo y persigue aportar al equipo para mejorar el desempeño grupal	El estudiante es responsable de su trabajo	El estudiante intercala momentos de responsabilidad con algunos en los que delega íntegramente su trabajo en los demás miembros del equipo	El estudiante no es responsable de su trabajo

Tabla 15. Rúbrica para evaluación de trabajo en grupo de la propuesta *Sembrar para investigar*.

Checklist para evaluar la competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM): Teniendo en cuenta el marco competencial en el que se encuadra la educación española, se ha procedido a elaborar un dispositivo de evaluación basado en la competencia STEM. Así, se ha creado una *checklist* por sesión y por estudiante, que incluye competencias específicas e indicadores relacionados con los saberes básicos y competencias abordadas en cada una de las sesiones. Estas *checklists* se completarán a partir de la observación de los estudiantes, las fichas de trabajo y los momentos de puesta en común que se desarrollan en el aula. Todas ellas quedan repartidas de manera ordenada por las sesiones de la propuesta de innovación educativa *Sembrar para investigar* (1ª sesión, tabla 5; 2ª sesión, tabla 8; 3ª sesión, tabla 10; 4ª sesión, tabla 12 y 5ª sesión, tabla 14).

3.9.2 Autoevaluación y coevaluación

Dado que la evaluación es una actividad formativa, resulta conveniente incluir al estudiante en este proceso. Por una parte, este modelo de evaluación parte de las peculiaridades del alumno, valorándolas como un aspecto clave en su aprendizaje (Pérez, 2000). Por otra parte, tal y como afirman López y Barba (2005), dar la oportunidad a los estudiantes de participar activamente en su evaluación fomenta el análisis crítico. Además, este modelo va de la mano de una profunda reflexión por parte del estudiante lo que aporta mucha información al alumno sobre su desempeño y al docente sobre la percepción de sus estudiantes. Asimismo, la coevaluación, es decir, la evaluación entre iguales destaca por su pertinencia en este proyecto. De hecho, al tratarse de un trabajo por equipos, dar a los estudiantes la oportunidad de evaluarse los unos a los otros permite una reflexión acompañada, en ocasiones, por un diálogo muy enriquecedor para los estudiantes. Por lo tanto, con el fin de brindar este tipo de evaluación, se han diseñado las tablas de autoevaluación (tabla 16) y de coevaluación (tabla 17) que se muestran a continuación

¿Qué he hecho?	Marca la opción que corresponda
¿Qué he aprendido?	
¿Qué es lo que más me ha costado?	<input type="checkbox"/> He trabajado muy bien y me he esforzado. Me he sentido cómodo/a en el grupo y considero que he hecho un gran trabajo.
¿Qué es lo que menos me ha costado?	<input type="checkbox"/> He trabajado bien, pero me podría haber esforzado más. A veces no me entendía con los integrantes de mi grupo, pero éramos capaces de solucionarlo. <input type="checkbox"/> Podría haber trabajado mucho mejor. No me he esforzado y trabajar en grupo me ha parecido muy complicado.

Tabla 16. Tabla de autoevaluación de la propuesta de innovación educativa *Sembrar para investigar*.

Propuesta de innovación STEM e investigación aplicada sobre las actitudes ante la ciencia
Propuesta de innovación educativa

INDICADORES	Nombre:	Nombre:	Nombre:	Nombre:	Nombre:	Nombre:
Trabaja de manera organizada	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
Participa en las actividades	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
Respeto a los compañeros	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
Ayuda a los compañeros que lo necesitan	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
Se esfuerza para que el trabajo salga bien	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					
Tiene en cuenta las ideas de todos los integrantes del grupo	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>					

Tabla 17. Tabla de coevaluación para la propuesta de innovación educativa *Sembrar para investigar*.

3.10 Evaluación de la propuesta a través de una investigación aplicada

La implementación de la propuesta educativa *Sembrar para investigar* ha permitido medir el efecto que ha tenido sobre las actitudes de la ciencia de los estudiantes. Así, se ha llevado a cabo un diseño de investigación educativa con propia identidad y que, por ello, se presenta como un nuevo capítulo del trabajo siguiendo el índice que se muestra a continuación.

4	<u>INVESTIGACIÓN EDUCATIVA: ApoSTEMos por el talento</u>	70
4.1	<u>PRESENTACIÓN</u>	70
4.2	<u>OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA</u>	71
4.3	<u>HIPÓTESIS</u>	71
4.4	<u>MÉTODO</u>	71
4.4.1	<u>Participantes</u>	71
4.4.2	<u>Variables e Instrumentos</u>	73
4.4.3	<u>Procedimiento</u>	74
4.4.4	<u>Análisis de datos</u>	75
4.5	<u>RESULTADOS</u>	76
4.6	<u>DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</u>	80

4 INVESTIGACIÓN EDUCATIVA: *ApoSTEMos por el talento*

4.1 PRESENTACIÓN

Tal y como se ha indicado en la introducción, la investigación *ApoSTEMos por el talento*⁸ nace de la voluntad personal de llevar al aula la apuesta de la educación STEM con el fin de no solo acercar a los estudiantes a una realidad interdisciplinar, coherente y cotidiana, sino de medir el efecto que esta tiene sobre sus aprendizajes y actitudes.

El marco teórico del presente trabajo ha puesto de manifiesto la incipiente importancia de la educación STEM en las aulas. De hecho, cada vez son más numerosos los organismos (ACOLA, 2013; Botero, 2018; González-Cervera et al., 2021; Martín y Santaolalla, 2020; Vásquez et al., 2013 y Zollman, 2012) que vuelcan sus esfuerzos en este enfoque educativo con el fin de reducir la gran escasez de profesionales STEM y con la máxima de lograr ciudadanos debidamente preparados para el siglo XXI.

No obstante, en ocasiones se evidencian errores y carencias en el ámbito STEM, lo que frena su desarrollo. Precisamente es el interés suscitado, así como su palpable introducción en la educación actual, lo que ha impulsado a realizar una investigación cuyo principal objetivo es medir el efecto que tiene la propuesta de innovación educativa presentada previamente sobre las actitudes ante la ciencia de los estudiantes, comprobando así los resultados de STEM sobre el alumnado. Para ello, la participación de dos grupos de estudiantes diferentes, uno bajo el rol de grupo experimental y otro de grupo control ha permitido comprobar hipótesis respecto a las actitudes hacia la ciencia entre ambos grupos y sexos.

La presente investigación ha podido desarrollarse gracias a la realización de las prácticas educativas intensivas, cuya duración ha sido de cinco semanas, y que han supuesto el culmen de los estudios correspondientes con el Grado de Educación Primaria. Este hecho ha supuesto que los participantes de dicha investigación hayan sido estudiantes de dos grupos del Liceo Francés de Madrid, siendo uno de ellos el grupo en el que la alumna ha realizado sus prácticas

⁸La totalidad de las tablas y figuras presentes en la investigación educativa *ApoSTEMos por el talento* han sido de elaboración propia.

docentes y el otro un grupo próximo y conocido por la tutora de referencia de la alumna.

En el siguiente apartado se detallan los objetivos de dicha investigación así como las hipótesis formuladas en torno a esta.

4.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

- Comprobar si una propuesta de intervención STEM produce cambios en las actitudes de los estudiantes ante la ciencia (gusto por la ciencia, autoeficacia percibida, utilidad de la ciencia e interés profesional).
- Comprobar si las experiencias de germinación en el aula generan en los estudiantes interés por las plantas.

4.3 HIPÓTESIS

- Las actitudes hacia la ciencia mejorarán más en el grupo de las chicas que de los chicos.
- Las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes que participen en la propuesta de intervención educativa mejorarán.
- Las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes que participen en la propuesta de intervención educativa mejorarán más que aquellos que no participan en la propuesta.
- El interés hacia las plantas mejorará en los estudiantes que participen en la propuesta de intervención educativa.

4.4 MÉTODO

El estudio se llevó a cabo con los estudiantes de CM1⁸, equivalente al curso de cuarto de Primaria, de los estudiantes del Liceo Francés de Madrid, lo que permitió medir el efecto que tuvo la propuesta presentada anteriormente.

4.4.1 Participantes

El Liceo Francés, centro privado localizado en Madrid, se ha elegido por conveniencia para el desarrollo de la presente investigación. Por ello, todos los participantes son estudiantes de dicho centro y cursan CM1, equivalente al curso

de 4^o de Primaria en el sistema español. A pesar de que el centro sea de línea diez, se han elegido dos grupos de dicho centro educativo con el fin de que desempeñen el papel de grupo control (GC) y grupo experimental (GE). Dado que ambos grupos estaban establecidos antes de la investigación, no fue posible hacer una asignación al azar de los participantes ni de los grupos, siendo todos ellos elegidos por conveniencia.

En el estudio participan un total de 47 estudiantes, de los cuales 26 pertenecen al grupo experimental y 21 al grupo control.

En cuanto al sexo de los participantes, cabe destacar que hay una proporción ligeramente superior de chicas que de chicos. No obstante, esta diferencia es muy sutil, estando ambos grupos muy igualados.

En cuanto a la edad de los participantes, cabe destacar que la mayoría de ellos tienen nueve años, estando la media situada en los 9,08 años y con una desviación típica de 0,04. Por lo tanto, los individuos que han participado en el estudio tienen entre nueve y diez años, siendo más numerosos los que tienen nueve.

En relación con la participación en actividades relacionadas con la ciencia, observamos que en ambos grupos la participación es alta, siendo superior en el grupo experimental que en el grupo control.

Paralelamente, todos los estudiantes muestran un interés alto hacia las plantas, siendo ligeramente superior el del grupo control que el del experimental.

Asimismo, se ha querido recabar información acerca de los conocimientos previos de los estudiantes. Así, vemos cómo la mayoría del grupo experimental conoce lo que es un invernadero mientras que en el grupo control la proporción está más igualada.

Además, se ha recogido información sobre las profesiones de los progenitores de los estudiantes. Así, se ha distinguido entre profesiones consideradas «STEM» y «no STEM». Para realizar esta labor, se ha tenido en cuenta la recomendación de la Comisión de 29 de octubre de 2009 relativa al uso de la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO-08) elaborada por la Unión Europea (2009) y el informe sobre la Formación profesional STEM

(González-Cervera et al., 2021). Así, como se ha mencionado en el apartado 2.1 del marco teórico, los conocidos estudios STEM se relacionan con la ingeniería, las matemáticas, la física, la química, el diseño y las ciencias, excluyendo aquellas de la salud. Por lo tanto, podemos observar cómo el número de «madres STEM» en el grupo experimental es superior que el del grupo control, habiendo en el grupo experimental mayor número de niños como madres STEM que niñas. De la misma manera, hay un mayor número de «padres STEM» en el grupo experimental que en el grupo control, habiendo en este caso en el grupo experimental mayor número de niñas que de niños con «padres STEM».

En la tabla 18 se presenta una descripción de la muestra que ha participado en la investigación.

Variable	Categorías		Grupo Experimental (N=26)		Grupo Control (N=21)		M	DT
			F	%	F	%		
Sexo	Chico		11	23,40%	11	23,40%	-	-
	Chica		15	31,91%	10	21,28%		
Edad	9 años		22	44,68%	21	44,68%	9,08	0,04
	10 años		4	8,51%	0	-		
Participación en actividades ciencia	Sí		16	34,04%	11	23,40%	-	-
	No		10	21,28%	10	21,28%		
Interés por las plantas	Sí		21	44,68%	19	40,42%	-	-
	No		5	10,64%	2	4,26%		
Conocimientos previos	Sí		18	38,30%	9	19,15%	-	-
	No		8	17,02%	12	25,53%		
Profesión de la madre	Chico	STEM	9	4,26%	3	6,38%	-	-
		No STEM	2	19,15%	8	17,02%		
	Chica	STEM	3	6,38%	2	4,26%		
		No STEM	12	25,53%	8	17,02%		
Profesión del padre	Chico	STEM	5	10,64%	5	10,64%	-	-
		No STEM	6	12,77%	6	12,77%		
	Chica	STEM	7	14,89%	4	8,51%		
		No STEM	8	17,02%	6	12,77%		

Tabla 18. Descripción de la muestra que participa en la investigación educativa *ApoSTEMos por el talento*.

4.4.2 Variables e Instrumentos

Para recoger los datos de la investigación se ha utilizado un cuestionario dividido en dos grandes bloques:

El primero de ellos responde a preguntas de opción múltiple o de respuesta corta con las que se recogen las características generales de la muestra (curso, grupo,

edad, sexo, estudios y profesión del padre y de la madre) así como aspectos relacionados con sus experiencias científicas y su interés por las plantas.

El segundo gran bloque del cuestionario está constituido por los veintiún ítems de la escala de Actitudes hacia las STEM (Martín, 2020), compuesta por cuatro dimensiones: gusto por la ciencia, interés profesional, autoeficacia percibida y utilidad de la ciencia, que constan de seis, seis, cuatro y cinco ítems respectivamente. Las respuestas se han medido con una escala tipo Likert (1 – 5) siendo 1 muy en desacuerdo y 5, muy de acuerdo.

De esta manera, se elaboraron dos cuestionarios ([Anexo I](#)) de mismas condiciones, uno de ellos completado antes de la intervención y otro tras ella, con el fin de medir el efecto de la propuesta sobre las actitudes ante la ciencia de los estudiantes.

4.4.3 Procedimiento

Para la realización del diseño de la investigación educativa *ApoSTEMos por el talento* se ha seguido una serie ordenada de pasos que dotado de coherencia a la investigación educativa.

En primer lugar, se realizó la formulación de las hipótesis de la investigación (apartado 4.3). Para ello, se tuvo en cuenta el panorama actual de la educación STEM así como el efecto que tiene esta sobre el aprendizaje de los estudiantes. En segundo lugar, dado que la investigación se dirige a comprobar el efecto que tiene una propuesta de innovación educativa STEM sobre las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes, la tarea de seleccionar y realizar instrumentos de recogida de datos se convirtió en un aspecto clave. De esta manera, a partir de la escala de Actitudes hacia las STEM (Martín,2020), se elaboró el cuestionario correspondiente con el pretest ([Anexo I](#)).

Acto seguido, dado que la investigación se enmarca en el Liceo Francés de Madrid, fue primordial recoger el permiso del centro con el fin de poder llevar a cabo la investigación educativa *ApoSTEMos por el talento* ([Anexo II](#)). Asimismo, fue necesario presentar la propuesta a los profesores de los dos grupos que intervendrían en la investigación siendo uno de ellos el tutor del grupo experimental y el otro del grupo control.

Por otra parte, tal y como fue indicado en el consentimiento de centro, debido a las características de la muestra (participantes menores de edad) fue necesario recabar las autorizaciones de las familias, que el centro ha decidido custodiar. [En el anexo III](#) se puede encontrar el modelo utilizado en esta ocasión.

Llegado a este punto, se pudo preparar un informe para solicitar la aprobación de la investigación educativa al Comité de Ética de la Universidad Pontificia Comillas ([Anexo IV](#)). Este aspecto permite asegurar que todos los agentes involucrados en la investigación educativa han sido informados del proyecto y han dado su consentimiento de participación. Asimismo, cabe mencionar que la recopilación y el mantenimiento de la información a través de los cuestionarios se ha realizado de forma anónima, guardando la privacidad de todos los participantes.

Una vez obtenidas las autorizaciones, los estudiantes de ambos grupos respondieron al cuestionario correspondiente con el pretest. Esto permitió comenzar la propuesta de innovación educativa *Sembrar para investigar* en el grupo experimental.

Al terminar la propuesta de innovación educativa, ambos grupos volvieron a responder al cuestionario, esta vez correspondiente con el post test, idéntico al respondido en el pretest ([Anexo I](#)).

4.4.4 Análisis de datos

Se ha procedido a realizar un análisis de datos con el fin de medir y comparar las puntuaciones de ambos grupos (control y experimental) antes y después de la realización de la propuesta STEM. Por lo tanto, este estudio se ha realizado con la intención de comprobar el efecto que ha tenido dicha propuesta sobre las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes.

De esta manera, se han realizado distintos tipos de análisis cuantitativos. Así, se ha realizado un análisis descriptivo con los valores de media (M) y desviación típica (DT) de ambos grupos, un modelo de varianza mixto (ANOVA) con dos factores, intersujetos (GC/GE) e intrasujetos (Pre-test/Post-test), haciendo uso de medidas repetidas. Esto último ha permitido analizar el efecto de la propuesta en cada uno de los factores, tanto entre los sujetos como entre los grupos,

atendiendo a la interacción entre ambos. Asimismo, se ha hecho uso del análisis cualitativo Chi-cuadrado.

El nivel de significación que se ha establecido ha sido $p < 0,05$ y el programa estadístico utilizado ha sido el IBM SPSS-v26.

4.5 RESULTADOS

Como se ha mencionado anteriormente, el cuestionario utilizado se divide en dos grandes bloques: uno dedicado a las actitudes hacia la ciencia y otro dirigido a recabar información acerca de las experiencias e intereses científicos de los estudiantes. Dado que la temática de la propuesta de innovación educativa *Sembrar para investigar* gira en torno a las plantas, se ha procedido a comenzar el análisis de datos por el apartado relativo a intereses científicos de los estudiantes.

En primer lugar, la tabla cruzada 19 muestra la distribución de los estudiantes de acuerdo con el interés hacia las plantas.

	Pre-test		Post-test	
	Interés por las plantas	No interés por las plantas	Interés por las plantas	No interés por las plantas
GC	19	2	18	3
GE	21	5	21	5
Total	40	7	39	8

Tabla 19. Distribución del interés por las plantas.

Teniendo en cuenta los datos, observamos que la amplia mayoría de los participantes de ambos grupos manifiesta interés hacia las plantas previo a la intervención. Estos datos se han mantenido idénticos en el post test del grupo experimental y han variado en un sujeto en el control.

La tabla 20 muestra los resultados del análisis estadístico cualitativo Chi-cuadrado acerca de los intereses hacia las plantas de los estudiantes.

		X ²	p	Phi
GC	Pre	,864	,353	1,36
GE				
GC	Post	,201	,654	,065
GE				

Tabla 20. Análisis estadístico Chi-cuadrado de la variable interés por las plantas.

Como se puede observar en la tabla 20, tanto el valor del interés del pretest como del post test no son estadísticamente significativos ($p > 0,05$). Por lo tanto, no se puede demostrar que la propuesta de intervención mejore el interés de los estudiantes por las plantas, teniendo que ser aceptada la hipótesis nula «el interés hacia las plantas se mantendrá estable en los estudiantes que participen en la propuesta de intervención educativa».

En segundo lugar, la tabla 21 del estudio recoge los resultados obtenidos relativos al análisis descriptivo de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes (ACESTEM), siendo medidas a partir de cuatro dimensiones: el gusto por la ciencia, el interés profesional de la ciencia, la utilidad percibida de la ciencia y la autoeficacia. De esta manera, la tabla 21 resume los datos correspondientes con las medias y desviaciones típicas de las distintas variables del estudio.

Variables	Factor		M	DT
	Intra ⁹	Inter ¹⁰		
Gusto por la ciencia	Pre (6-30)	GC	19,71	4,46
		GE	19,77	4,44
	Post (6-30)	GC	19,33	4,61
		GE	20,38	3,16
Utilidad percibida de la ciencia	Pre (5-25)	GC	15,43	3,57
		GE	14,92	2,84
	Post (5-25)	GC	19,33	4,50
		GE	19,85	3,96
Interés profesional de la ciencia	Pre (6-30)	GC	17,05	4,78
		GE	15,27	4,26
	Post (6-30)	GC	17,00	4,60
		GE	16,81	16,81
Autoeficacia percibida	Pre (4-20)	GC	10,67	2,61
		GE	10,85	2,93
	Post (4-20)	GC	9,90	1,94
		GE	10,54	1,92
Total¹¹	Pre (21-105)	GC	62,86	9,150
		GE	60,81	8,759
	Post (21-105)	GC	65,57	11,80
		GE	67,58	7,84
Total¹²	Pre (21-105)	Chicas	61,84	8,53
		Chicos	61,59	9,50
	Post (21-105)	Chicas	67,04	9,02
		Chicos	66,27	10,72

Tabla 21. Análisis descriptivo de las dimensiones del estudio.

El análisis descriptivo presentado en la tabla 21 muestra que todos los participantes poseen un gusto hacia la ciencia notable con una media entre 19,33 y 20,38 en una escala del 6 al 30. Los resultados de las variables «interés profesional de la ciencia» y «utilidad percibida de la ciencia» son elevados con medias que oscilan entre los 14,92 y 19,85 en una escala de 5 a 25 en el caso de la utilidad percibida, y con una media entre 15,27 y 17,05 en una escala de 6 a 30 en el caso del interés profesional. Los resultados más bajos los encontramos en la autoeficacia de los estudiantes. De hecho, en una escala del 4 al 20, la mayor media se encuentra en el pretest del grupo experimental siendo de 10,85. No obstante, como se puede observar en la tabla 21, las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes son positivas, con una media de entre 60,81 y 67,58 en una escala de 21 a 105 en la distribución por grupos y con una media de entre 61,59 y 67,04 si agrupamos a los estudiantes por sexo

⁹ se muestran entre paréntesis los valores máximos y mínimos de cada una de las variables;

¹⁰ GC= Grupo Control (N=21); Grupo Experimental (N=26);

¹¹ referido a la totalidad de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes divididos por grupo;

¹² referido a la totalidad de actitudes hacia la ciencia de los estudiantes divididos por sexo.

La tabla 22 muestra los resultados obtenidos a partir del análisis de varianza realizado.

Dimensión	Factor Intrasujetos			Factor Intersujetos			Interacción		
	F	Sig.	Eta parcial ²	F	Sig.	Eta parcial ²	F	Sig.	Eta parcial ²
Gusto por la ciencia	,025	,876	,001	,324	,572	,007	,446	,508	,010
Utilidad percibida de la ciencia	122,101	,000	,731	,000	,997	,000	1,625	,209	,035
Interés profesional de la ciencia	1,994	,280	,026	,992	,325	,022	1,351	,251	,029
Autoeficacia percibida	1,816	,185	,039	,486	,489	,011	,327	,570	,007
Total ¹	12,38	,001	,216	,000	,993	,000	2,264	,139	,048
Total ²	12,91	,001	,223	,045	,833	,001	,035	,851	,001

Tabla 22. Resultados del análisis de varianza de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes.

Como se observa en la tabla 22, tanto el factor intrasujetos como intersujetos no es estadísticamente significativo en la variable «gusto por la ciencia» ($p > 0,05$). Por lo tanto, no se puede aceptar que se hayan producido mejoras entre la totalidad de estudiantes ni entre ambos grupos de participantes.

En lo que respecta a la dimensión «interés profesional de la ciencia», cabe mencionar que ocurre algo similar, no habiendo una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$) y por lo tanto, no confirmando que se hayan producido mejoras respecto al interés profesional entre la totalidad de estudiantes ni entre ambos grupos de participantes.

En cuanto a la dimensión «autoeficacia percibida», la situación es idéntica, no encontrando una diferencia estadísticamente significativa ($p > 0,05$) y por lo tanto, no confirmando que se hayan producido mejoras entre la totalidad de estudiantes ni entre ambos grupos de participantes.

Sin embargo, el factor correspondiente con intrasujetos es estadísticamente significativo en la dimensión «Utilidad percibida de la ciencia» ($p < 0,05$). Por lo tanto, esto nos permite aceptar la hipótesis alterna «la utilidad percibida de la ciencia aumentará en los estudiantes que participen en la propuesta de intervención educativa». No obstante, el factor intersujetos en esta dimensión no es estadísticamente significativo ($p > 0,05$), por lo que no se puede aceptar que

haya habido interacción entre ambos grupos y por ello, una mejora mayor en el grupo experimental que en el control.

En lo relativo al sumatorio de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes, cabe destacar que estas muestran en el factor intrasujetos una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$), ya estén divididos por grupos (Total¹) o por sexos (Total²). Por lo tanto, esto nos permite aceptar la hipótesis alterna «las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes que participen en la propuesta de intervención educativa mejorarán». Por el contrario, en el factor intersujetos la diferencia no es estadísticamente significativa ($p > 0,05$). Por lo tanto, no hay evidencia empírica de que la propuesta de innovación educativa STEM genere interacción entre ambos grupos, teniendo que aceptar la hipótesis nula «las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes que participen en la propuesta de intervención educativa mejorarán de forma similar que aquellos que no participan en la propuesta».

Asimismo, si observamos los resultados de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes divididos por sexos, no encontramos una diferencia estadísticamente significativa en el factor intersujetos ($p > 0,05$). Por lo tanto, no hay evidencia empírica de que uno de los sexos experimente una mejora mayor en sus actitudes hacia la ciencia. Este hecho nos obliga a aceptar la hipótesis nula «las actitudes hacia la ciencia de los chicos y de las chicas mejorarán de manera similar».

4.6 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El estudio *ApoSTEMos por el talento* ha sido diseñado con la intención de medir el efecto de la propuesta de innovación educativa STEM *Sembrar para investigar* sobre las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes.

En primer lugar, si tenemos en cuenta los resultados en el factor intrasujetos respecto al «interés por las plantas» de los estudiantes, estos son discordantes frente a las referencias de otros estudios como el elaborado por Stagg y Verde (2018) en el que se indicaba de forma general que los estudiantes mejoraron sus actitudes hacia las plantas, incrementando el interés por estas. La investigación *ApoSTEMos por el talento* muestra que el interés por las plantas se mantiene estable tanto en el grupo experimental como en el de control, no habiendo una

diferencia estadísticamente significativa en el factor intersujetos entre ambos. El interés por las plantas de los estudiantes del grupo experimental aumenta de forma similar al de los estudiantes del grupo control. Esto parece venir motivado, en gran medida, por el alto nivel de interés por las plantas que todos los estudiantes de las muestras analizadas manifestaron antes de la intervención educativa.

En segundo lugar, si analizamos los resultados correspondientes con la variable «utilidad de la ciencia» y tomamos como referencia otros estudios (Jiménez y Menéndez, 2021), observamos que los resultados coinciden, evidenciando una actitud positiva respecto a la utilidad que tiene la ciencia en la vida de los estudiantes.

De forma coincidente con otras investigaciones similares (Morales et al., 2005) el estudio realizado revela una mejora significativa en las actitudes generales de los estudiantes hacia la ciencia. Eso acontece en ambos grupos sin que se aprecie una diferencia estadísticamente significativa entre ambos.

No obstante, si bien estos datos resultan imprevistos, si tenemos en cuenta las medias de los estudiantes del grupo experimental, percibimos que en la mayoría de las dimensiones (*gusto por la ciencia, utilidad percibida de la ciencia e interés profesional*) son superiores a las correspondientes con el grupo control, lo que muestra una tendencia positiva en los efectos beneficiosos que tiene la educación STEM sobre las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes.

Paralelamente, los resultados del estudio manifiestan que tanto las chicas como los chicos mejoran sus actitudes hacia la ciencia de manera global, no pudiendo confirmar una mejora mayor en las chicas, si bien la media de estas es ligeramente superior a la de los chicos. Los resultados obtenidos coinciden con los de otros estudios (Onur et al., 2009) en los que se evidencia una diferencia no significativa entre ambos sexos en referencia a las actitudes hacia la ciencia, con una tendencia más favorable en el sexo femenino frente a la observada en el masculino. Este hecho puede confirmar que, si bien la educación STEM tiene gran potencial en la totalidad de los estudiantes existe una mayor predisposición en el sexo femenino, lo que manifiesta la gran potencialidad de STEM para cultivar las vocaciones científicas en las niñas.

En líneas generales, los resultados obtenidos no muestran una mejora mayor en el grupo experimental que en el grupo control en ninguna de las variables, si bien en la mayoría de estas la tendencia de las medias del grupo experimental son mayores que las del grupo control. Estos datos permiten realizar proyecciones de futuro, pues ponen de manifiesto que implementar un modelo educativo STEM en las aulas resulta de interés, si bien estas propuestas STEM no deben realizarse de manera esporádica o aislada sino de forma programada, amplia y mantenida.

5 CONCLUSIONES

5.1 REVISIÓN DE LOS OBJETIVOS

5.1.1 De la propuesta de innovación educativa *Sembrar para investigar*

El trabajo ha consistido en elaborar la propuesta de innovación educativa *Sembrar para investigar* e implementarla en un aula de Primaria. Esto ha posibilitado, por un lado, vivenciar lo que supone poner en práctica lo realizado y por otro, ponerlo «a prueba» a partir de la investigación educativa *ApoSTEMos por el talento* sobre las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes.

En relación con los objetivos generales y específicos de la propuesta de innovación educativa *Sembrar para investigar*, cabe destacar que estos se han alcanzado satisfactoriamente. El primer objetivo general propuesto está relacionado con **«elaborar una propuesta STEM sobre la germinación que integre contenidos de las distintas disciplinas de forma coherente y organizada»**. Analizando las sesiones elaboradas, así como los saberes básicos que vertebran cada una de ellas, puedo afirmar haber alcanzado dicho objetivo. Además, mediante la implementación de la propuesta de innovación en un aula de Primaria he sido capaz de demostrar la coherencia entre las distintas sesiones, recibiendo feed-back de los estudiantes y de la maestra-tutora del aula.

Con referencia al primer objetivo general cabe mencionar que se han elaborado dos específicos. El primero de ellos responde a **«diseñar sesiones interesantes y motivadoras, cuyo hilo conductor sea la germinación de las semillas, en las que las Matemáticas, el Conocimiento del Medio Natural, la Ingeniería y la Tecnología sean protagonistas»** y el segundo está relacionado con **«situar el interrogante en el centro de la propuesta»**. A partir del análisis de la totalidad de la propuesta de innovación educativa, puedo confirmar la consecución de ambos. De hecho, todas las actividades se han planteado como un reto motivador, cuyo máximo recurso ha sido el interrogante, lo que ha permitido a los estudiantes reflexionar, preguntarse y compartir lo aprendido.

El segundo objetivo general hace referencia a **«posibilitar una experiencia de aprendizaje que permita el disfrute por la ciencia y la investigación»**. Habiendo analizado en profundidad la propuesta de innovación educativa

Conclusiones

considero que este objetivo también ha sido alcanzado dado que las actividades planteadas permiten generar experiencias positivas en los estudiantes en torno a la ciencia. Además, en el marco del disfrute por la investigación, creo que el aprendizaje por descubrimiento guiado planteado permite acercar a los estudiantes, desde un contexto seguro y desafiante, a experiencias de investigación y experimentación. Asimismo, de nuevo, el feed-back recibido a lo largo de la implementación de la propuesta ha permitido aceptar que este objetivo ha sido conseguido.

A su vez, este objetivo general se ha desglosado en dos específicos. El primero de ellos se relaciona con **«permitir que los estudiantes adquieran el rol de científicos con el fin de que se inmiscuyan en la práctica científica de aula»** y el segundo corresponde con **«generar momentos de intercambio que fomenten actitudes positivas hacia la ciencia»**. De nuevo, considero que ambos se han alcanzado. El primero de ellos queda justificado desde la prolongada experimentación que viven los estudiantes, siendo los protagonistas de las experiencias de germinación. De hecho, fruto de la implementación de la propuesta, se trasladó a los estudiantes la tarea que desarrollaban, siendo ellos los máximos responsables de los dispositivos de germinación. El segundo objetivo específico queda demostrado a través de las variadas posibilidades de intercambio de información que se ofrecen a lo largo de toda la propuesta y que le aportan sentido y coherencia.

El tercer objetivo planteado responde a **«establecer conexiones entre las disciplinas STEM y el contexto cotidiano de los estudiantes»**. De nuevo, una vez analizado el alcance de la propuesta, puedo afirmar que este objetivo se ha cumplido. Esto se debe a la presencia de momentos de intercambio de información sobre los conocimientos previos de los estudiantes, llevado a cabo en la primera sesión, o la reflexión acerca de los aprendizajes adquiridos en la última sesión. Asimismo, durante la implementación de la propuesta, han surgido momentos en los que los estudiantes han compartido experiencias vividas con el mundo de las plantas.

Paralelamente, el tercer objetivo se concreta en dos objetivos específicos. El primero de ellos supone **«trabajar las formas de pensar y de hacer de la**

ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas» y el segundo hace alusión a **«establecer conexiones entre las conclusiones y la vida real de los estudiantes»**. De nuevo, considero que ambos se han alcanzado, siendo capaz de elaborar una propuesta interdisciplinar en las que todas las «letras» de STEM han trabajado conjuntamente y en la que, además, han tenido cabida en el contexto diario de los estudiantes.

5.1.2 De la investigación educativa *ApoSTEMos por el talento*

Dado que la evaluación de la propuesta de innovación educativa se ha estructurado en forma de investigación educativa, es preciso comprobar, como se ha realizado con la propuesta, si se han alcanzado **los objetivos generales, esta vez, de la investigación educativa *ApoSTEMos por el talento***. De esta manera, encontramos que el primero de los objetivos de la investigación reside en **«comprobar si una propuesta de intervención STEM produce cambios en las actitudes de los estudiantes ante la ciencia (gusto por la ciencia, autoeficacia percibida, utilidad de la ciencia e interés profesional)»**. A través del análisis estadístico de varianza realizado ha sido posible alcanzar este objetivo e incluso se ha podido evidenciar un cambio en las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes, si bien los resultados, en líneas generales, no presentan una diferencia estadísticamente significativa. No obstante, a través de la comparación de medias se ha podido observar que las actitudes mejoran, lo que nos indica que se ha alcanzado el objetivo satisfactoriamente.

El segundo objetivo está relacionado con **«comprobar si las experiencias de germinación en el aula generan en los estudiantes interés por las plantas»**. De nuevo, una vez realizada la investigación educativa, puedo confirmar haber conseguido este objetivo. De hecho, a través del análisis estadístico Chi-cuadrado ha sido posible medir el interés por las plantas. En este caso, si bien no se encuentra una diferencia estadísticamente significativa, los resultados muestran que el interés por las plantas se mantiene muy elevado. Esto es indicador del gran potencial de la propuesta de innovación STEM sobre el interés hacia las plantas de los estudiantes.

5.2 DEBILIDADES, FORTALEZAS Y DIFICULTADES ENCONTRADAS

5.2.1 De la propuesta de innovación educativa Sembrar para investigar

El análisis de debilidades y fortalezas de la propuesta de innovación educativa *Sembrar para investigar* se convierte en una tarea esencial como paso previo para poder realizar y evaluar en un futuro otras propuestas educativas.

Por una parte, en relación con **los aspectos de mejora**, cabe destacar que, dado que la propuesta de innovación educativa se enmarca en el panorama legislativo de la LOMLOE, no estando aun concretada en las distintas comunidades autónomas. Así, es posible que los saberes escogidos sufran modificaciones en el currículo de la Comunidad de Madrid, cuya publicación se realizará tras la realización de este trabajo. Este hecho puede causar que se deba adaptar, bien los saberes básicos o el curso al que va dirigida la propuesta de innovación educativa.

Por otra parte, **teniendo en cuenta las fortalezas encontradas**, es de vital importancia recalcar que el proyecto presentado está fundamentado en una sólida base teórica que ha estructurado y justificado la propuesta de innovación educativa y que además, se acompaña de una investigación educativa, lo que permite «cerrar el círculo», desarrollando el procedimiento que todo maestro-investigador debe llevar a cabo. Por lo tanto, dada la exigencia que ha supuesto la elaboración del trabajo, nos encontramos con un marco teórico adecuado que incluye una gran variedad de referencias de actualidad en el ámbito STEM.

Además, dado que la temática central de la propuesta es la educación STEM, se da respuesta—y solución— a la necesidad imperante de llevar este enfoque educativo a las aulas, ofreciendo una propuesta de innovación educativa alcanzable, coherente e incluso adaptable a otros cursos de Primaria. Este hecho permite demostrar que llevar STEM al aula no supone la utilización de recursos complejos y que, además, a través de una propuesta de este tipo es posible cubrir las necesidades de varias asignaturas, construyendo conocimientos a partir de la interdisciplinariedad.

Conclusiones

Asimismo, la presencia de documentación gráfica dota a la propuesta de mayor credibilidad y solidez, lo que, sin duda, permite una mayor predisposición a realizar la propuesta de innovación educativa. Por lo tanto, las imágenes y los materiales aportados hacen posible una realización así como una adaptación de la propuesta a un aula concreta.

La elaboración de esta propuesta de innovación educativa ha supuesto algunas **dificultades**, entre las que destaca la complejidad de realización de la propuesta. En efecto, debido a la falta de claridad que acontece en el mundo de la educación STEM y a la falta de referentes STEM en la etapa escolar personal, la elaboración de una propuesta de innovación que diera respuesta a la temática planteada ha supuesto, en algunas ocasiones, obstáculos, si bien estos se han vivido como retos que superar. Por ello, ha sido primordial realizar una búsqueda de información exhaustiva, tanto de autores como de proyectos de aula, con el fin de equiparse debidamente para la elaboración adecuada de la propuesta de innovación educativa.

Asimismo, la organización de los saberes básicos y competencias trabajadas a lo largo de la propuesta ha generado momentos prolongados de reflexión y de estudio del panorama legislativo, haciendo verdaderos esfuerzos por estructurar la propuesta de innovación educativa de una manera coherente.

5.2.2 De la investigación educativa ApoSTEMos por el talento

La implementación de la propuesta de innovación educativa ha permitido evaluarla a través de una investigación educativa. En este contexto, ha sido esencial examinar el trabajo realizado, analizando los puntos de mejora y las fortalezas de la investigación educativa *ApoSTEMos por el talento*.

Atendiendo a las debilidades de la investigación educativa, es interesante destacar que la muestra de la investigación ha sido reducida, lo que, sin duda, ha condicionado los resultados obtenidos. De hecho, si el número de participantes hubiera sido mayor, muy probablemente los resultados hubieran mostrado una diferencia estadísticamente significativa. Unido a este aspecto, encontramos el escaso margen temporal en el que se ha desarrollado la intervención, lo que claramente afecta a los resultados obtenidos.

Asimismo, dado que la investigación educativa se ha realizado en un contexto muy rico en cuanto a recursos y a nivel cultural de las familias. De esta manera, dado que los estudiantes partían de unas actitudes hacia la ciencia elevadas, el efecto de mejora así como la significatividad de los resultados ha sido menos evidente.

En relación con las fortalezas de la investigación educativa, cabe mencionar que tener la posibilidad de medir el efecto de una propuesta de innovación STEM ha sido de gran fortuna. En este contexto, la utilización de la escala de actitudes hacia la ciencia ACESTEM (Martín, 2020) ha permitido que la información recogida tuviera una gran base teórica y por ende, justificada. Este hecho aporta seriedad y consistencia a la investigación educativa realizada.

Además, teniendo en cuenta el contexto en el que se ha desarrollado la investigación, es importante recalcar que este ha sido un entorno culturalmente rico. Esto ha favorecido que la predisposición de los estudiantes y de los maestros tutores haya sido buena, acogiendo el proyecto desde los momentos iniciales.

Asimismo, el análisis estadístico ha sido realizado con la herramienta IBM SPSS-v26, lo que ha permitido una buena ejecución del estudio con una posterior correcta interpretación de los datos. En este contexto, agradezco a la Universidad Pontificia Comillas, la posibilidad que brinda de tener acceso a estas herramientas, dado que, sin su ayuda el estudio estadístico no se hubiera podido realizar.

El desarrollo de la investigación educativa ha generado dificultades que han condicionado, por un lado la implementación educativa y por otro, la recogida de datos. De esta manera, parece relevante tener en cuenta que las prácticas intensivas se han desarrollado en un contexto aun pandémico, en el que los confinamientos, tanto de estudiantes como de maestros, han sido habituales. Esto ha provocado que se hayan vivido momentos de verdadera incertidumbre y desasosiego, que, sin embargo, han supuesto grandes desafíos en los que finalmente el interés y el esfuerzo han acabado venciendo a los impedimentos que surgían.

Conclusiones

Además, dado que la investigación educativa se ha realizado en el Liceo Francés de Madrid, centro escolar que sigue las directrices de la Educación Nacional Francesa, algunos estudiantes no poseían los conocimientos de español suficientes para contestar adecuadamente a las preguntas de los cuestionarios. Como consecuencia, se ha debido realizar la oportuna traducción simultánea para que la recogida y valoración de datos fuera lo más uniforme posible. Este aspecto, si bien podía concebirse de inicio como una dificultad, ha resultado ser una labor gratificante y motivadora tanto para estudiantes como para los maestros.

Creo preciso añadir que, dada la naturaleza del trabajo de investigación, y la necesidad de cumplir con las exigencias éticas y metodológicas derivadas, ha sido necesario conseguir la aprobación del Comité ético de la Universidad ([Anexo IV](#)) lo que ha supuesto elaborar un informe, así como recabar autorizaciones y consentimientos del centro y de los participantes. En definitiva, cumplir con este procedimiento ha permitido asegurar que la investigación se realizó de una manera adecuada y responsable y, a pesar del trabajo añadido que eso ha supuesto, entiendo que compensa sobradamente por el aprendizaje obtenido que, sin duda, me será de utilidad futura.

5.3 APORTACIÓN Y UTILIDAD PARA EL ÁMBITO DE LA EDUCACIÓN

«¿Por qué tengo que aprender esto,
si no me sirve para nada?»

Carmen Tortosa (2022)

La elaboración del presente trabajo, tanto desde el ámbito de la propuesta de innovación educativa, como desde el plano de la investigación educativa, ofrece la posibilidad de examinar con gran profundidad la cabida que tiene STEM en la educación.

En primer lugar, cabe mencionar que la educación STEM permite derrumbar las barreras existentes entre asignaturas, estableciendo un contexto de aprendizaje más significativo y acorde con la realidad fuera de las aulas. En efecto, STEM da la posibilidad de trabajar saberes básicos desde distintas disciplinas, estableciendo conexiones entre las áreas de conocimiento y trabajando las

Conclusiones

habilidades básicas. De hecho, a través de este enfoque educativo es posible dar respuesta a los desafíos que se plantean a nivel internacional y que requieren la participación activa de ciudadanos responsables, competentes y creativos.

En segundo lugar, la educación STEM parece representar el camino hacia un mayor gusto por la ciencia de los estudiantes, abriendo el abanico de posibilidades y evitando que los estudiantes desarrollen percepciones negativas hacia las asignaturas del ámbito científico-tecnológico. De esta manera, acoger STEM en el aula puede ser el primer paso hacia la potenciación y descubrimiento de las vocaciones científicas de los estudiantes, paliando la gran necesidad de profesionales STEM en las sociedades. Por lo tanto, la educación STEM se convierte en la herramienta y en el fin de la educación, evidenciando la importancia que tiene esta como instrumento para cambiar la realidad.

En tercer lugar, llevar al aula propuestas de este tipo favorece que la concepción sobre lo que es STEM quede unificada, generando cada vez mayores investigaciones educativas en el ámbito STEM, lo que supone mayor conocimiento, experiencia y por ello, mejores resultados de aprendizaje. De esta manera, hablar de STEM dejará de ser una tierra inhóspita, misteriosa y visitada por unos pocos y comenzará a ser una práctica justificada y habitual en las aulas.

Por último, la educación STEM supone apostar por una manera de trabajo novedosa, eficaz y altamente capacitante, pues permite a los estudiantes dirigir la mirada a la sociedad desde una perspectiva integradora y basada en necesidades reales. En definitiva, STEM supone que lo que se realiza en el aula tenga efectos fuera de ella y que lo que en esta aprenden, esté relacionado con el mundo que les rodea. Por lo tanto, la repetida y demoledora cuestión de los estudiantes «¿Por qué tengo que aprender esto, si no me sirve para nada?» deja de tener sentido. La educación STEM ha irrumpido en las aulas con el objetivo de quedarse, no desperdiciemos la oportunidad.

5.4 APORTACIÓN Y UTILIDAD EN EL ÁMBITO PERSONAL

«Veo la Educación STEM como un vuelo en el que estoy dispuesta a embarcarme de nuevo cuanto antes»

Carmen Tortosa (2022)

Una vez realizado el trabajo y echando la vista atrás, quedo gratamente sorprendida por lo conseguido. Nadie hubiera imaginado que aquella niña con lágrimas en los ojos por la incompreensión de las ciencias y matemáticas, se embarcaría en el viaje novedoso y desafiante que ha supuesto este Trabajo de Fin de Grado.

A lo largo de los últimos dos años de carrera, se me ha ofrecido la gran oportunidad de conocer el mundo STEM, lo que ha generado que mi percepción hacia la ciencia se haya visto modificada, teniendo una mayor predisposición para ser una maestra STEM en las aulas de Primaria e incluso para desarrollar investigaciones educativas con mis futuros estudiantes.

Por lo tanto, puedo admitir que la ejecución de este trabajo ha sido un gran desafío que me ha permitido hacerme preguntas, reflexionar y disfrutar, aunque también dudar, equivocarme y volver a comenzar. De hecho, ha sido la primera vez en la que elaboraba una propuesta de innovación STEM en francés y la implementaba en el aula de Primaria con el fin de medir su efecto sobre los estudiantes. Este contexto me ha brindado la posibilidad de disfrutar de un aprendizaje exponencial que me ha permitido superar los momentos de inseguridad propios de una tarea como la que he desarrollado. Así, mi vivencia tras la realización de este trabajo me ha hecho sentirme «renovada», convencida y dispuesta a seguir llevando al aula este tipo de propuestas educativas, pues he podido vivir de primera mano lo enriquecedor de este proceso educativo, tanto para los estudiantes como para los maestros. Pienso que para llegar a conseguir la ansiada generación STEM será prioritario formar a una generación de profesorado STEM, altamente capacitada y convencida en la certeza de que llevar al aula estas prácticas y conocimientos será una gran inversión de futuro.



Figura 30. Maestras y alumnas que dirigieron la jornada *STEAMos en familia* en la Universidad Pontificia Comillas.

En este contexto, quiero agradecer a la Universidad Pontificia Comillas por la excelente formación que me ha brindado, destacando el saber hacer y la implicación de mi directora, Elsa Santaolalla. También, quiero recalcar la ayuda de las profesoras Olga Martín y Belén Urosa, dado que sin ellas este trabajo no se hubiera desarrollado correctamente.

Asimismo, como mencionado en los inicios del trabajo, los dos títulos escogidos, tanto para la propuesta de innovación educativa como para la investigación, no fueron elegidos por mera estética. De hecho, aposté por la educación STEM, buscando encontrar la manera de hacer llegar a los estudiantes lo que las profesoras, Elsa Santaolalla y Olga Martín me han enseñado sobre ciencia. Me decidí a sembrar la semilla del esfuerzo y la dedicación y ahora, tras algunas tormentas y días soleados, estoy recogiendo los frutos que las ganas, la disposición y el querer aprender han hecho crecer. Por lo tanto, quiero mencionar que, lo que comenzó siendo un «avión que se coge por primera vez», con miedo, inseguridades, pero mucha ilusión, se ha convertido en «un vuelo en el que estoy dispuesta a embarcarme de nuevo cuanto antes». En definitiva, STEM ha sido el mejor destino y equipaje para concluir mi Grado en Educación Primaria, comenzando, ahora sí, lo que con seguridad será el mejor viaje de mi vida: las aulas de Primaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Advanced CTE, Association of State Supervisors of Mathematics, International Technology and Engineering Educators Association and Council of State Science Supervisors. (2018). *STEM: The power of collaboration for change*.
https://cte.careertech.org/sites/default/files/files/resources/STEM_Collaboration_paper.%20FINAL_VERSION.7.26.2018.pdf
- Albalat, A. (2017). Design Thinking en STEAM. *Revista Ciències*, (34), 29-34.
[10.5565/rev/ciencias.6](https://doi.org/10.5565/rev/ciencias.6)
- Australian Council of Learned Academies. (2013). *STEM: Country Comparisons. International comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education*. [saf02-stem-country-comparisons.pdf](https://www.acola.org/saf02-stem-country-comparisons.pdf) (acola.org)
- Belduma-Suquilanda, R.M. (2021). Aprendizaje basado en problemas como estrategia para mejorar los procesos comunicacionales en el aula, *Polo del conocimiento*, 6 (3), 267-276. [10.23857/pc.v6i3.2362](https://doi.org/10.23857/pc.v6i3.2362)
- Botero, J. (2018). *STEM: Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender*. STEM Education Colombia.
- Brown, R., Brown, J., Reardon, K. y Merrill, C. (2011). Understanding STEM: Current perceptions. *Technology and Engineering Teacher*, 70 (6), 5-9.
https://www.researchgate.net/profile/Chris-Merrill/publication/234659554_Understanding_STEM_Current_perceptions/links/618c0dce61f09877207bc812/Understanding-STEM-Current-perceptions.pdf
- Bruner, J. S. (2006). *In Search of Pedagogy: The Selected Works of Jerome S. Bruner*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203088609>
- Bybee, R.W. (2013). *The case for STEM Education. Challenges and Opportunities*. Nsta Press.
- Caamaño, A. (2011). Contextualización, indagación y modelización. Tres enfoques para el aprendizaje de la competencia científica en las clases

Referencias bibliográficas

- de química. *Aula de Innovación Educativa*, (207),17-21.
http://www.webdelprofesor.ula.ve/nucleotachira/oscarq/materias/practica1/lecturas_pra1/lecturasUnidadI/contextualizacion.pdf
- Castro-Rodríguez, E., y Montoro, B, A. (2021). Educación STEM y formación del profesorado de Primaria en España. *Revista de Educación*, (393), 353-364. <http://hdl.handle.net/10481/45499>
- CMF Groupe (2021, 8 de enero). Les serres: un outil modern et éco-responsable. [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=uPdcA38YKQ>
- Córdoba, E.R. (2019). Cultura maker como modelo de aprendizaje-servicio. *Aula*, (284), 67-68.
- Cotabish, A., Dailey, D., Robinson, A. and Hughes, G. (2014). The Effects of a science-focused STEM intervention on Elementary Student's Science Knowledge and Skills. *Science and Mathematics*,113(5).
<https://doi.org/10.1177/1932202X14533799>
- Couso, D. (2017). ¿Por qué estamos en STEM? Un intento de definir la alfabetización STEM para todo el mundo y con valores. *Ciències*, (34),22-30. <https://doi.org/10.5565/rev/ciencias.403>
- Couso, D., y Grimalt, Álvaro, C. (2020). STEAM para la primera infancia. *Aula de Infantil*, (103), 9-13.
- Domènech-Casal, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM. Componentes didácticas para la Competencia Científica. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 2 (2).https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/21834/Apice_2018_2_2_3.pdf?sequence=3
- Doménech-Casal, J., Lope, S., y Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 16(2), 2203.
http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203

Referencias bibliográficas

- Ellinogermaniki Agogi. (2021). *Design thinking in STEAM Education: A legacy from the Islands Diversity for Science Education project*. https://idiverse.eu/wp-content/uploads/2021/02/IDiverSE_Book-online.pdf
- Farida, N., Mohd, K., Zamry, M. and Ahmad, S. (2012). Motivation in Problem-based Learning Implementation, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, (56), 233-242. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.650>
- García Macias, C. (2018). La robótica: un reto para los docentes, muchos retos para el alumnado. *Aula de Secundaria*, (26), 29-24.
- García, F.J., Romero Ariza, M., Quesada, A. y Abril, A.M. (2021). Evaluación y principios de diseño de programas de desarrollo profesional STEM. *Uno*, (93), 30-37.
- González-Cervera, A., González-Arechavala, Y., Martín-Carrasquilla, O., Santaolalla, E. y Cubiles, M. (2021). *Estudios STEM en España y participación de la mujer. La Formación Profesional STEM, una oportunidad de futuro. Cátedra para la Promoción de la Mujer en vocaciones STEM en la Formación Profesional para la Movilidad Sostenible*. [https://www.comillas.edu/documentos/catedras/STEM-mujer/Estudios STEM en Espa%C3%B1a y participacion de la mujer dic 21.pdf](https://www.comillas.edu/documentos/catedras/STEM-mujer/Estudios_STEM_en_Espa%C3%B1a_y_participacion_de_la_mujer_dic_21.pdf)
- González-Cervera, A., Santaolalla, E. y González-Arechavala, Y. (2021). Proyecto en educación STEM con robótica para edades tempranas. *Padres y Maestros*, (387), 46-50.
- Herce, M.P., Román, M. y Jiménez, C. (2022). El talento STEM en la educación obligatoria: una revisión sistemática, *Revista de Educación*, (396), 65-96. [10.4438/1988-592X-RE-2022-396-530](https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2022-396-530).
- Jiménez, A. y Menéndez, D. (2021). Percepciones de los alumnos de primaria hacia el aprendizaje de la ciencia: el caso de España. *International Journal of Primary, Elementary and Early Years Education*, 1(13). <https://doi.org/10.1080/03004279.2021.1929381>

- Kurnia, A., Sumarmi, S., Deffinika, I. y Nuafal, M. (2021). The Effect of Blended Project-Based Learning with STEM approach to Spatial Thinking and Geographical Skill. *International Journal of Instruction*, 14(3), 685-704. [10.17509/gea.v21i2.38862](https://doi.org/10.17509/gea.v21i2.38862)
- López Pastor, V.M y Barba Martín, J.J. (2005). La participación del alumnado en la evaluación: la autoevaluación, la coevaluación y la evaluación compartida. *Tándem*, (017). <https://acceso.comillas.edu/https://www.grao.com/es/producto/la-participacion-del-alumnado-en-la-evaluacion-la-autoevaluacion-la-coevaluacion-y-la-evaluacion-compartida>
- Martín, D., Parejo, M. y Vivas, C. (2018). Radio educativa para fomentar las vocaciones científicas. *Revista científica en el ámbito de la Comunicación Aplicada*, 8(2), 229-254. <https://oaji.net/articles/2019/6721-1562173990.pdf>
- Martín, O. (2020). *Las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM en niños y niñas de 10 a 14 años. Diseño y validación de un instrumento de medida* [Tesis doctoral, Universidad Pontificia Comillas]. DSpace. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/52849/TD00435.pdf?sequence=1>
- Martín, O., Santaolalla, E. y Muñoz, I. (2022). La brecha de género en la Educación STEM, *Revista de Educación*, (396), 151-175. [10.4438/1988-592X-RE-2022-396-533](https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2022-396-533).
- Martín, O., y Santaolalla, E. (2020). Educación STEM: Formación con «conciencia». *Padres Y Maestros*, (381), 41-46. <https://doi.org/10.14422/pym.i381.y2020.006>
- Martín, O., y Santaolalla, E. (2021). Un encuentro enriquecedor: La Educación STEM y el enfoque de las IM. *Educación y Futuro*, (45), 35-56.
- Ministère de l'Éducation Nationale, de la Jeunesse et des sports (2021, septiembre). *Les programmes du collège*. <https://www.education.gouv.fr/les-programmes-du-college-3203>

- Ministerio de Educación y de Formación Profesional. (2021). *Panorama de la educación Indicadores de la OCDE 2021. Informe Español*. [panorama-2021-digital.pdf \(educacionyfp.gob.es\)](https://www.educacionyfp.gob.es/panorama-2021-digital.pdf)
- Morales, H., Hillerns, I. y Cerda, G. (2005). Influencia del aprendizaje de las ciencias en niños y niñas de educación parvularia y estudio de casos. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 4 (7), 123-142. <http://www.rexe.cl/ojournal/index.php/rexe/article/view/224/231>
- Morales, P. (2009) La evaluación académica: conceptos y planteamiento básicos. *Publicaciones Deusto*.
- Morera, L., Ríos, B., y Vilalta, A. (2020). Actividades STEM desde una perspectiva matemática rica. *Aula*, (292), 71-42.
- Morrison, J, S. (2006). *Ties STEM Education Monograph Series. Attributes of STEM Education. The Student, the School, the Classroom*. Teaching Institute for Excellence in STEM. [http://www.leadingpbl.org/f/Jans%20pdf%20Attributes of STEM Education-1.pdf](http://www.leadingpbl.org/f/Jans%20pdf%20Attributes%20of%20STEM%20Education-1.pdf)
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts and Core Ideas*. The National Academies Press.
- Noriega-Castillo, L.H. (2021). Estrategia aprendizaje basado en problemas para el desarrollo de capacidades investigativas. *Polo del Conocimiento*, 6 (9), 2478-2492. [10.23857/pc.v6i9.3178](https://doi.org/10.23857/pc.v6i9.3178)
- Onur, S., Sülün, Y. y Dilek, G. (2009). Identification of Primary education students' views about science subjects. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*, (1), 2339-2347. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.410>
- Organización de Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. [A/RES/70/1 - S - A/RES/70/1 -Desktop \(undocs.org\)](https://undocs.org/A/RES/70/1)
- Pérez, C. (2000). La autoevaluación en educación primaria. *Aula*, (90), 39-41. <http://hdl.handle.net/11162/36053>

- Perkins, D. (2003). *Making Thinking Visible*. New Horizons for Learning.
- Prieto, L., Torre, J.C., Blanco, A. y Morales, P. (2008). *La enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje. Estrategias útiles para el profesorado*. Octaedro.
- Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria, Boletín Oficial del Estado, núm. 52, de 2 de marzo de 2022.
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/01/157/con>
- Recomendación (CE) 824/2009 de la Comisión, de 29 de octubre de 2009 relativa al uso de la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones. *Diario Oficial de la Unión Europea, L 292/32*, de 10 de noviembre de 2009.
<https://www.boe.es/doue/2009/292/L00031-00047.pdf>.
- Schleicher, A. (2019). *PISA 2018: Insights and interpretations*. OCDE.
<https://www.oecd.org/pisa/PISA%202018%20Insights%20and%20Interpretations%20FINAL%20PDF.pdf>.
- Simarro, C. (2020). Tinkering en el aula de primaria: una mente creativa, múltiples soluciones. *Aula*, (291), 71-72.
- So, H.J., Siu-Yung Jong, M. y Liu, C. (2020). Computational Thinking Education in the Asian Pacific Region. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 29(1), 1-8. 10.1007/s40299-019-00494-w.
- Stagg, B. y Verde, F. (2018). Story of a Seed: educational theatre improves students' comprehension of plant reproduction and attitudes to plants in primary science education. *Research in Science & Technological Education*, 37(1), 15-35. [10.1080/02635143.2018.1455655](https://doi.org/10.1080/02635143.2018.1455655).
- Tonucci, F. (2010). *¿Enseñar o aprender? La escuela como investigación quince años después*. Graò.
- Vásquez, J.A., Sneider, C., y Comer, M. (2013). *STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering and Mathematics*. Heinemann Education Books.

- White, E. y Shakibnia, A.F. (2019). State of STEM: Defining the landscape to determine high-impact pathways for the future workforce. *Proceedings of the Interdisciplinary STEM Teaching and Learning Conference*, 3(4),24-36. <https://doi.org/10.20429/stem.2019.030104>.
- World Economic Forum. (2016). *The Future of Jobs Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. [WEF Future of Jobs.pdf \(weforum.org\)](#).
- Yildirim, B. (2016). An Analyses and Meta-Synthesis of Research on STEM Education. *Journal of Education and Practice*, 7 (34), 23-33. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1126734>.
- Yücelyigit, S. y Toker, Z. (2020). A mate-analysis on STEM studies in early childhood education. *Turkish Journal of Education*, 10(1),23-36. <https://doi.org/10.19128/turje.783724>
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM Literacy: STEM Literacy for Learning. *School Science and Mathematics*, 112 (1), 12-19. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2012.00101.x>

6. ANEXOS

ANEXO I: CUESTIONARIO PRE Y POST TEST

Liceo Francés- CM1

Cuestionario de actitudes hacia la Ciencia

*Obligatorio



1. Te invito a participar en una investigación sobre tus actitudes ante la ciencia. La participación es voluntaria y puedes dejar de responder cuando quieras, sin que pase nada por ello. Tus respuestas serán anónimas. Los datos serán tratados de acuerdo con el Reglamento 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos. Los datos recogidos solo están accesibles para la investigadora del estudio. *

Selecciona todos los que correspondan.

Acepto participar y responder al cuestionario

Características generales

2. ¿Cuál es tu grupo? *

D

J

3. Escribe el día y el mes de tu cumpleaños *

4. ¿Cuántos años tienes? *

9

10

11

5. ¿Eres chico o chica? *

Chico

Chica

6. Elige la palabra de la lista con la que se relaciona lo que estudió y/o trabaja tu madre. Por ejemplo, si mi madre estudió física, tendré que marcar esa palabra, pero si mi madre estudió medicina, como no está en la lista, tendré que marcar lacasilla "otro". *

Ingeniería

Matemáticas

Arquitectura

Física y/o Química

Diseño

Biología

Otro

7. Si has marcado otro, ¿cuál es?

8. Elige la palabra de la lista con la que se relaciona lo que estudió y/o trabaja tu padre. Por ejemplo, si mi padre estudió física, tendré que marcar esa palabra, pero si mi padre estudió medicina, como no está en la lista, tendré que marcar la casilla "otro". *

- Ingeniería
- Matemáticas
- Arquitectura
- Física y/o Química
- Diseño
- Biología
- Otro

9. Si has marcado otro, ¿cuál es?

10. ¿Has participado alguna vez en actividades relacionadas con la ciencia? *

- No
- Si

11. ¿Qué hiciste? *

- Visitar museos de Ciencia
- Asistir a talleres
- Asistir a charlas de divulgación
- Asistir a un espectáculo de Ciencia
- Otra _____
- No he participado en ninguna actividad sobre ciencia

12. Elige la opción con la que te sientas identificado/a *

- En mi casa hay plantas y me gusta ocuparme de ellas
- En mi casa hay plantas y no me gusta ocuparme de ellas
- En mi casa no hay plantas, pero me gustaría que hubiera
- En mi casa no hay plantas y no me parecen interesantes

13. ¿Sabes lo que es un invernadero? *

- Sí
- No

14. ¿Alguna vez has visitado el Jardín Botánico? *

- Sí
- No

15. Si fuiste, ¿te gustó? *

- Sí
- No
- No he visitado el museo

16. Si no has ido, ¿te gustaría ir? *

- Sí
- No
- He visitado el museo

Actitudes hacia la Ciencia



A continuación, vas a encontrarte afirmaciones que hablan sobre la ciencia. Elige con la que más te identifiques, teniendo en cuenta lo siguiente:

- 1 = Muy en desacuerdo.
- 2 = En desacuerdo.
- 3 = Regular.
- 4 = De acuerdo.
- 5 = Muy de acuerdo.

17. Me gusta mucho la Ciencia *

	1	2	3	4	5	
Muy en desacuerdo	<input type="radio"/>	Muy de acuerdo				

18. Voy a seguir estudiando Ciencia en el futuro *

.

1 2 3 4 5

Muy en desacuerdo Muy de acuerdo

19. Los conocimientos de Ciencia me ayudan a entender el mundo que nos rodea *

.

1 2 3 4 5

Muy en desacuerdo Muy de acuerdo

20. No voy a entender la Ciencia aunque me esfuerce *

.

1 2 3 4 5

Muy en desacuerdo Muy de acuerdo

21. No voy a elegir una profesión relacionada con la Ciencia en el futuro *

.

1 2 3 4 5

Muy en desacuerdo Muy de acuerdo

22. Me gusta asistir a actividades relacionadas con la Ciencia en mi tiempo libre *

1 2 3 4 5

Muy en desacuerdo Muy de acuerdo

23. Si entro en la Universidad, mis estudios estarán relacionados con la Ciencia *

1 2 3 4 5

Muy en desacuerdo Muy de acuerdo

24. La Ciencia es fácil para mí *

1 2 3 4 5

Muy en desacuerdo Muy de acuerdo

25. Disfruto aprendiendo Ciencia *

1 2 3 4 5

Muy en desacuerdo Muy de acuerdo

26. No me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro *

	1	2	3	4	5	
Muy en desacuerdo	<input type="radio"/>	Muy de acuerdo				

27. Vivimos en un mundo mejor gracias a la Ciencia *

	1	2	3	4	5	
Muy en desacuerdo	<input type="radio"/>	Muy de acuerdo				

28. Creo que las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más interesantes *

	1	2	3	4	5	
Muy en desacuerdo	<input type="radio"/>	Muy de acuerdo				

29. Me gustaría dedicarme a una profesión relacionada con la Ciencia *

	1	2	3	4	5	
Muy en desacuerdo	<input type="radio"/>	Muy de acuerdo				

30. Me gusta hacer actividades de Ciencia en el colegio *

	1	2	3	4	5	
Muy en desacuerdo	<input type="radio"/>	Muy de acuerdo				

31. Las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más difíciles de todas *

1 2 3 4 5

Muy en desacuerdo Muy de acuerdo

32. Me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro *

1 2 3 4 5

Muy en desacuerdo Muy de acuerdo

33. Los científicos y las científicas son muy respetados *

1 2 3 4 5

Muy en desacuerdo Muy de acuerdo

34. Las personas deberían entender la Ciencia porque les afecta en sus propias vidas *

1 2 3 4 5

Muy en desacuerdo Muy de acuerdo

35. No me gusta la Ciencia *

. 1 2 3 4 5

Muy en desacuerdo Muy de acuerdo

36. Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan más aprobar aunque estudies *

1 2 3 4 5

Muy en desacuerdo Muy de acuerdo

37. Los conocimientos de Ciencia me ayudan a tomar mejores decisiones sobre mi propia salud *

1 2 3 4 5

Muy en desacuerdo Muy de acuerdo

ANEXO II: CONSENTIMIENTO DE CENTRO

DOCUMENTO DE AUTORIZACIÓN DEL CENTRO EDUCATIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Marisol Belló Álvarez, con DNI 00828683Q, Directora de Estudios Españoles del *Liceo Francés* de Plaza del Liceo, 1, 28043, Madrid.

Después de haber sido informada del proyecto de investigación ApoSTEMos por el talento, a cargo de Carmen Tortosa en el marco de su Trabajo de Fin de Grado de sus estudios en el Grado de Educación en la Universidad Pontificia Comillas y cuya directora es la profesora Elsa Santaolalla y de haberme sido entregada una hoja informativa con los datos del proyecto,

AUTORIZO

A que Carmen Tortosa realice la investigación y pase los cuestionarios en dicho centro durante los meses de enero, febrero y marzo de 2022.

De conformidad con la aplicación de la normativa de Protección de Datos, en concreto del Reglamento General Europeo y la Ley Orgánica de Protección de Datos y Garantía de Derechos Digitales, de cara a la salvaguarda de los derechos de los menores de edad y sus familias, la realización de la mencionada investigación en la cuál se enmarca el mencionado Convenio será realizada cumpliendo los criterios que esta normativa establece.

Previamente a la realización de la investigación, el colegio informará de dicha investigación a los padres/tutores de los alumnos y recabará el consentimiento informado de los padres/tutores de los alumnos para realizar dicha investigación.

- El colegio cuenta con las autorizaciones de las familias para la realización de los cuestionarios y la investigación puede llevarse a cabo.
- El colegio no cuenta con las autorizaciones de las familias y deben ser recogidas para que la investigación pueda llevarse a cabo.

En el caso de que el centro no posea las autorizaciones, caben las dos posibilidades siguientes (la segunda es menos frecuente, pero puede hacerse así). Si el centro posee las autorizaciones, no es necesario cumplimentar estos cuadrantes.

- El colegio archivaré y guardará dicha documentación conforme a la ley de protección de datos.
- El colegio entregará a los investigadores copia para su archivo conforme a la ley de protección de datos

Firma, fecha (y sello). 24 de enero de 2022



Los datos personales facilitados se incorporarán a un fichero de datos del que es responsable el Titular del centro Liceo Francés de Madrid (LFM) y que tiene por objeto la adecuada organización y prestación de las distintas actividades que son desarrolladas por este Colegio. Asimismo, consiente que los datos relativos a nombre, apellidos y domicilio puedan facilitarse a las entidades vinculadas a este centro. Igualmente garantiza la veracidad de los datos personales facilitados y se compromete a facilitar cualquier actualización de los mismos. De conformidad con el Nuevo REGLAMENTO GENERAL DE PROTECCIÓN DE DATOS 679/2016 y Ley Orgánica de PROTECCIÓN DE DATOS 3/2018. Este consentimiento reconocido y podrá ejercitar gratuitamente los derechos de acceso, cancelación y rectificación contactando con el propio Colegio.

ANEXO III: MODELO DE CONSENTIMIENTO PARA LAS FAMILIAS

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Estimadas familias,



Desde la Facultad de Ciencias Humanas y Sociales de la Universidad Pontificia de Comillas se está llevando a cabo el proyecto *ApoSTEMos por el talento* cuyo objetivo es comprobar el efecto que tiene una propuesta STEM sobre las actitudes ante la ciencia de los alumnos/as, del cual Dña.Carmen Tortosa de Lucas con DNI 51488400W soy responsable principal.

Con motivo del proyecto, solicitamos su colaboración para que los datos recogidos sobre su hijo/a puedan ser autorizados de forma anónima con fines de investigación, respetando los derechos de la infancia así como la privacidad de los participantes. Ante cualquier duda o consulta pueden contactar conmigo mediante el 201800442@alu.comillas.edu, pudiendo ampliar información detallada sobre el proyecto.

AUTORIZACIÓN

D./Dña _____ con DNI _____, en calidad de padre / madre / tutor/a autorizo a que los datos recogidos sobre mi hijo/a _____ sean empleados con fines de investigación siempre y cuando se mantenga el carácter anónimo de los datos, los datos no sean cedidos a terceros ni sean utilizados con carácter comercial.

En Madrid a ____ de _____ de _____

Firma

ANEXO IV: APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA DE LA UNIVERSIDAD



Madrid, 21 de febrero de 2022
Dictamen 2022/26

Para: Excmo. Sr. Vicerrector de Investigación y Profesorado

Asunto: Juicio del Comité de Ética acerca del proyecto intitulado "APOSTEMOS POR EL TALENTO".

Siguiendo el procedimiento establecido, el Comité de Ética de la Universidad Pontificia Comillas de Madrid analizó en febrero de 2022 el proyecto sometido por D^a Carmen Tortosa de Lucas, y emitió el siguiente dictamen:

El proyecto presenta con claridad la relevancia de la investigación, los objetivos, el modo de acceso a la muestra de los alumnos, la solicitud de permiso y la autorización del centro donde se hace la investigación, la hoja informativa, el modelo de consentimiento informado, los compromisos de confidencialidad y anonimato, el compromiso de cumplimiento de la legislación de protección de datos, los instrumentos utilizados y la metodología empleada.

Por lo tanto, este proyecto cumple con todos los requisitos de una investigación de este tipo y cuenta con la aprobación de este Comité.

Atentamente,

Dr. D. Francisco Javier de la Torre
Presidente

Dr. D. Raúl González Fabre
Secretario